

INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA
UNIVERSIDAD LIBRE – SEDE PRINCIPAL.

MELISSA MARÍA RODRÍGUEZ BERNATE Cód. 064131056

CARLOS DAVID MARTÍNEZ CORTES Cód. 064131091

Universidad Libre
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C
2018

INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA
UNIVERSIDAD LIBRE – SEDE PRINCIPAL.

MELISSA MARÍA RODRÍGUEZ BERNATE Cód. 064131056

CARLOS DAVID MARTÍNEZ CORTES Cód. 064131091

Trabajo de grado para optar el título a Ingeniero Ambiental

Director: Ingeniera MSc Ruth Alejandra Catacolí Jiménez

Universidad Libre
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C
2018

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C

AGRADECIMIENTOS

A la Ingeniera Alejandra Catacolí, directora de este trabajo de grado, por su apoyo, motivación, dirección y dedicación a lo largo del desarrollo del proyecto.

A la profesora María Teresa Holguín por su ayuda y colaboración en el desarrollo de algunas fases de este proyecto.

A los jurados de este proyecto de grado, por sus valiosos aportes y experiencias, que permitieron finalizar con éxito este proyecto.

*A la Universidad Libre, por permitirnos formarnos profesional y personalmente.
A los docentes de la facultad de Ingeniería, especialmente del programa de Ingeniería Ambiental, por su empeño y esfuerzo.*

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía en este camino.

A la vida por este nuevo triunfo.

A mis padres, Guillermo y Gloria, por su amor, apoyo incondicional, dedicación y comprensión.

*A mi hermana Laura, por estar siempre a mi lado en cada momento y por ser mi confidente y mi
mejor amiga.*

Melissa María Rodríguez Bernate.

DEDICATORIA

A Dios, por estar conmigo en cada paso que doy.

A la vida por esta gran oportunidad de finalizar mis estudios.

A Temilda y Carlos, mis padres, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo.

A mis hermanos, Anderson y Michael por ser gran apoyo para alcanzar esta nueva meta.

Y a esa gran persona que ha estado junto a mi en todo momento.

Carlos David Martínez Cortés

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA | 14 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 18 |
| 3. OBJETIVOS | 22 |
| 3.2 3.1 OBJETIVO GENERAL | 22 |
| 3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 22 |
| 4. MARCO REFERENCIAL | 23 |
| 4.1 MARCO TEÓRICO | 23 |
| 4.2 MARCO POLÍTICO | 29 |
| 4.3 MARCO CONCEPTUAL | 31 |
| 5.3.1 Etapa 1. Determinación de los límites organizacionales. | 36 |
| 5.3.2 Etapa 2. Determinación de los límites operacionales. | 36 |
| 5.3.3 Etapa 3. Identificación de fuentes de emisión. | 36 |
| 5.3.4 Etapa 4. Selección del método de cálculo. | 37 |
| 5.3.5 Etapa 5. Recolección de información requerida. | 38 |
| 5.3.6 Etapa 6. Cálculo de las emisiones GEI. | 38 |
| 5.3.7 Etapa 7. Elaboración del reporte de emisiones de GEI. | 39 |
| 5.3.8 Etapa 8. Gestión de la calidad del inventario. | 39 |
| 5.3.8 Etapa 9. Divulgación de los resultados obtenidos. | 39 |
| 5.3.9 Etapa 10. Presentación de propuestas para la reducción y compensación de las emisiones. | 39 |
| 4.4 ÁREA DE INTERÉS | 41 |
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO | 43 |
| 5.1 CLASE DE INVESTIGACIÓN | 43 |
| 5.1.1 HIPÓTESIS DEL TRABAJO DE GRADO | 43 |
| 5.2 DISEÑO METODOLÓGICO | 43 |
| 6. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL | 44 |
| 6.1.1 Límites organizacionales | 44 |
| 6.1.2 Límites Operacionales | 44 |
| 6.1.3 Identificación de fuentes de emisión | 45 |
| 6.1.4 Datos y factores de emisión. | 46 |
| 6.1.5 Desarrollo de la calculadora | 52 |
| 6.1.3 Manual para el mantenimiento del IGEI de la Universidad Libre sede Principal | 60 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7. | RESULTADOS | 64 |
| 7.1 | CÁLCULO DE LAS EMISIONES | 64 |
| 7.1.1 | Alcance 1. Emisiones directas | 64 |
| 7.1.2 | Alcance 2. Emisiones indirectas | 65 |
| 7.1.3 | Alcance 3. Otras emisiones indirectas | 65 |
| 7.2 | RESUMEN DE RESULTADOS DE EMISIONES DE CO ₂ EN EL AÑO 2016. | 72 |
| 7.3 | CONTRIBUCIÓN DE EMISIONES POR ACTIVIDADES | 73 |
| 7.4 | ANÁLISIS DE RESULTADOS | 74 |
| 8. | ESTRATEGIAS PARA LA MITIGACIÓN DE EMISIONES | 75 |
| 8.1 | MATRIZ DE MEDIDAS TOMADAS EN OTRAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR | 75 |
| 8.2 | ACCIONES DE MITIGACIÓN Y/O COMPENSACIÓN PROPUESTAS PARA LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL. | 81 |
| 9. | BATERÍA DE INDICADORES PARA LAS MEDIDAS DE MANEJO PRIORIZADAS | 84 |
| 10. | CONCLUSIONES | 91 |
| 11. | RECOMENDACIONES Y RECOMENDACIONES ESPECIALES PARA EL MANTENIMIENTO DEL IGEI DE LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL | 92 |
| 11.1 | Recomendaciones | 92 |
| 11.2 | Recomendaciones especiales | 93 |
| 12. | BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS | 95 |

TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Descripción del Marco Político Ambiental Colombiano relacionado a la mitigación y adaptación del cambio climático. | 29 |
| Tabla 2. Consumo de GLP total para el año 2016. | 46 |
| Tabla 3. Unidades y tipos de extintores existentes en la Universidad Libre sede Principal. | 46 |
| Tabla 4. Volumen total obtenido de compost para el 2016. | 48 |
| Tabla 5. Número de equipos recargados en el 2016. | 48 |
| Tabla 6. Consumo total de energía eléctrica de la Universidad Libre sede Principal para el 2016. | 49 |
| Tabla 7. Consumo total de agua potable en la Universidad Libre sede Principal para el 2016. | 49 |
| Tabla 8. Datos para el cálculo de las emisiones por disposición de aguas residuales. | 50 |
| Tabla 9. Volumen total de residuos generados en la Universidad Libre sede Principal para el 2016. | 50 |
| Tabla 10. Número de estudiantes para pregrado y posgrado en el 2016. | 51 |
| Tabla 11. Número de administrativos y docentes en el 2016. | 51 |
| Tabla 12. Total de rutas del colegio y el tipo de combustible usado. | 51 |
| Tabla 13. Resultados de los cálculos de las emisiones para alcance 1..... | 65 |
| Tabla 14. Resultados de los cálculos de las emisiones para alcance 2..... | 65 |
| Tabla 15. Resultados de los cálculos de las emisiones para alcance 3..... | 66 |
| Tabla 16. Total de emisiones generadas en el año 2016. | 72 |
| Tabla 17. Matriz de acciones de mitigación y/o compensación de otras instituciones de educación superior..... | 80 |
| Tabla 18. Medidas de manejo propuestas para la Universidad Libre sede Principal. | 83 |
| Tabla 19. Indicadores para extintores..... | 85 |
| Tabla 20. Indicadores para viajes aéreos. | 87 |
| Tabla 21. Indicadores para la eficiencia energética. | 88 |
| Tabla 22. Indicadores para compostaje de residuos orgánicos. | 90 |
| Tabla 23. Indicadores para los residuos reciclables. | 90 |

FIGURAS

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Localización de la Sede Bosque Popular de la Universidad Libre, Seccional Bogotá. | 41 |
| Ilustración 2. Localización de la Sede Candelaria de la Universidad Libre, Seccional Bogotá. | 42 |
| Ilustración 3. Etapas del desarrollo del IGEI del Greenhouse Gas Protocol. | 35 |
| Ilustración 4. Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor. | 37 |
| Ilustración 5. Ecuación para el cálculo de las emisiones. | 38 |
| Ilustración 6. Valores del Potencial de Calentamiento Global. | 38 |
| Ilustración 7. Objetivos ISO 14064-1:2006 e ISO 14064-3:2006 | 40 |
| Ilustración 8. Fuentes de emisión identificadas para alcance 1. | 44 |
| Ilustración 9. Fuentes de emisión identificadas para alcance 2. | 44 |
| Ilustración 10. Fuentes de emisión identificadas para alcance 3. | 45 |
| Ilustración 11. Alcances y emisiones consideradas. | 45 |
| Ilustración 12. Tabla de contenido de la calculadora para el IGEI de la Universidad Libre sede Principal | 52 |
| Ilustración 13. Tabla de contenido para el inventario del año 2017. | 53 |
| Ilustración 14. Tabla de contenido para el inventario del año 2018. | 53 |
| Ilustración 15. Tabla de consumo de GLP para el año 2016. | 54 |
| Ilustración 16. Tabla de recarga de extintores para el año 2016. | 55 |
| Ilustración 17. Tabla de movilidad académica para el año 2016. | 56 |
| Ilustración 18. Tabla de compostaje de residuos para el año 2016. | 56 |
| Ilustración 19. Tabla de recarga de gases refrigerante para aires acondicionados para el 2016. | 57 |
| Ilustración 20. Tabla de consumo de energía eléctrica para el año 2016. | 57 |
| Ilustración 21. Tabla de disposición de aguas residuales para el año 2016. | 58 |
| Ilustración 22. Tabla de disposición de residuos sólidos para el año 2016. | 58 |
| Ilustración 23. Tabla de movilidad de estudiantes hacia la Universidad. | 59 |
| Ilustración 24. Tabla de movilidad de docentes y administrativos hacia la Universidad. | 59 |
| Ilustración 25. Tabla de consumo de combustible de las rutas del colegio. | 59 |
| Ilustración 26. Portada del “Manual para el mantenimiento del IGEI de la Universidad Libre sede Principal. | 60 |
| Ilustración 27. Procedimiento para la recolección de información de consumo de GLP en las cafeterías de la sede Bosque. | 61 |
| Ilustración 28. Procedimiento para el ingreso de la información del consumo de GLP a la calculadora. | 62 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 29. Explicación para el ingreso de información de consumo de GLP a la calculadora..... | 63 |
| Ilustración 30. Valores por defecto para desechos sólidos. | 69 |
| Ilustración 31. Fórmula para calcular las emisiones de CH ₄ provenientes de la disposición de residuos sólidos..... | 71 |
| Ilustración 32. Contribución de las actividades dentro del alcance 1. | 73 |
| Ilustración 33. Contribución de emisiones de CO ₂ por mes generadas por consumo de energía eléctrica. | 74 |
| Ilustración 34. Contribución de las actividades para alcance 3..... | 74 |
| Ilustración 35. Procedimiento para cálculo de indicador para el cambio de extintores. | 84 |
| Ilustración 36. Procedimiento para el cálculo de indicadores de la compra de tiquetes aéreos. | 86 |
| Ilustración 37. Procedimiento para el cálculo de indicadores para la reconversión energética y tecnológica de equipos..... | 87 |
| Ilustración 38. Procedimiento para el cálculo de indicadores de residuos orgánicos enviados a compostaje. | 89 |
| Ilustración 39. Procedimiento para el cálculo de indicadores de residuos orgánicos enviados a compostaje. | 90 |

INTRODUCCIÓN

El cambio climático y el calentamiento global son producidos por las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que son compuestos gaseosos de la atmósfera que absorben y remiten radiación solar, lo que conlleva al incremento de la temperatura promedio de la tierra.

Los impactos directamente relacionados con el cambio climático en Colombia son las inundaciones, las cuales presentan una pérdida significativa de la cobertura de los diferentes ecosistemas, los recursos hídricos se ven afectados por la modificación del régimen hidrológico, así como también la disminución del promedio anual de lluvias en la región Andina y Pacífica. Así mismo, tiene impactos económicos, puesto que afecta directamente la productividad en ciertos sectores, debido a que trae cambios graduales en las variables climáticas (DNP - BID, 2014). En cuanto a la seguridad alimentaria, tiene impactos negativos por consecuencia de episodios climáticos extremos, afectado principalmente a las comunidades rurales que viven en ambientes frágiles debido a que se disminuye el acceso y disponibilidad de los alimentos, así como también en bienes y oportunidades de vida (2018).

El cambio climático es una problemática que necesita la participación de la sociedad mediante la concientización de cada uno de los individuos. Siendo importante conocer las fuentes de los principales gases que provocan el efecto invernadero, las cuales provienen de la mayoría de las actividades diarias de los seres humanos. La cuantificación de las emisiones de GEI es el inicio hacia la reducción y adaptación frente al cambio climático. Dicha cuantificación se realiza con el fin de plantear acciones de reducción de emisiones de GEI, lo cual generaría una disminución en los aportes de dichos gases por la Universidad Libre Sede principal. Esta disminución trae beneficios en cuanto a mejoras en la salud, ahorros económicos, promoción de fuentes renovables y el mejoramiento de estrategias para el desarrollo sostenible.

Las emisiones se pueden clasificar en: emisiones directas o alcance 1, que corresponden al uso de combustibles fósiles en maquinaria o vehículos de propiedad de la Universidad, por pérdidas de gases refrigerantes.

Las emisiones indirectas por energía o alcance 2, son generadas por el consumo de electricidad, vapor o calor dentro de la empresa, estas emisiones ocurren físicamente en la instalación donde la electricidad es generada.

El alcance 3 o emisiones indirectas, son las atribuibles a los productos y servicios adquiridos por la empresa, que a su vez habrán generado emisiones previamente para ser producidos (Fundación Natura, 2014). Son las emisiones más difíciles de identificar puesto que existen gran cantidad de productos y servicios que las empresas adquieren y no siempre los productores brindan la información de las emisiones, para este último alcance se tendrán en cuenta las actividades las cuales están controladas por parte de la Universidad.

Algunas universidades como la Universidad Sergio Arboleda Seccional Bogotá, Universidad de Santander UDES y la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA) ,entre otras, han realizado el informe de emisiones GEI, con el fin de avanzar hacia un crecimiento verde y bajas emisiones de carbono, como también proteger y asegurar el uso sostenible de los bienes ambientales, para así mejorar la calidad ambiental, siguiendo los lineamientos que se propone en el capítulo de Crecimiento verde del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018.

A partir de políticas que promueven el desarrollo sostenible, las universidades han incorporado temas de ambiente y sostenibilidad dentro de funciones y actividades de dirección universitaria, investigación, proyección social y gestión institucional. Mediante el desarrollo del inventario de emisiones de GEI, se posiciona a la Universidad Libre como líder en materia de acción temprana para cuando los reportes de las emisiones de GEI se conviertan en un aspecto a controlar por parte de las autoridades ambientales.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El excesivo aumento de las emisiones de GEI producto de las actividades humanas como quema de combustibles fósiles, la deforestación, diferentes procesos industriales, así como la agricultura y ganadería, representan una transformación significativa en el sistema climático del planeta (PNUMA, 2016). El aumento y la acumulación de dichos gases generan el Efecto Invernadero, el cual provoca el aumento en la temperatura de la tierra (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2001).

El Efecto Invernadero es el fenómeno por el cual la atmósfera terrestre retiene parte de la energía que el suelo recibe por radiación solar, este fenómeno garantiza una temperatura dentro de la troposfera terrestre haciendo que no se disipe hacia el espacio exterior, permitiendo las condiciones de vida favorables; sin embargo, con el aumento de gases en la atmósfera, la temperatura de la tierra ha incrementado, provocando impactos a los ecosistemas, a las especies y a los seres humanos (Efecto Invernadero, Calentamiento Global y Cambio Climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra, 2007).

Las emisiones de los GEI pueden ser cuantificados gracias a la metodología definida por el Greenhouse Gases Protocol (por sus siglas en inglés GHGP), herramienta que permite determinar las cantidades de GEI emitidos a la atmósfera y sus principales fuentes basándose en la cuantificación, seguimiento, informe y verificación de emisiones o remociones de gases. Para esto es necesario identificar cuáles son las fuentes generadoras de emisiones para poder así seleccionar un método de cálculo de dichas emisiones; con esto, recolectar datos y determinar los factores de emisión, para finalmente realizar un análisis y poder tomar medidas para reducir la mayor parte de estas emisiones (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2001).

La reducción o mitigación de las emisiones de los GEI generarían una disminución en la velocidad con la que el cambio climático está afectando a la tierra y por lo tanto a sus habitantes. Lo que generaría beneficios en cuanto a limitaciones de emisiones tóxicas, mejoras en la salud, ahorros económicos, promoción de fuentes renovables de energía y el mejoramiento de estrategias para el desarrollo sostenible.

El Cambio Climático tiene impactos tanto para los seres humanos como para los diferentes ecosistemas naturales y puede originar cambios en el uso de los recursos, actividades económicas y en sistemas de producción.

Su impacto potencial para el planeta es la falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos, derretimiento de los polos y como consecuencia, aumento en el nivel del mar, erosión costera, pérdida de seguridad alimentaria y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

En Colombia, los efectos que conlleva el Cambio Climático son las inundaciones, las cuales representan una pérdida significativa de cobertura de ecosistemas marinos y costeros, los recursos hídricos se ven afectados por la modificación del régimen hidrológico, así como también la disminución del promedio anual de lluvias en la región Andina y Pacífica. Se genera un impacto sobre los glaciares, lo que conlleva a efectos negativos sobre la disponibilidad de agua para aquellas poblaciones que dependen de estos sistemas como son los nevados del Ruiz, Santa Isabel y Tolima, que son fuente de agua de los ríos que abastecen los acueductos de las cabeceras municipales de sus alrededores (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

El Cambio Climático es una problemática que necesita la participación de la sociedad mediante la concientización de cada uno de los individuos para llegar a una reducción. Para esto, es importante conocer las fuentes de los principales gases que provocan el efecto invernadero, las cuales provienen de la mayoría de las actividades diarias de los seres humanos (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2001).

Son emisiones directas o de alcance 1, los gases de efecto invernadero provenientes de forma directa por el sector, generados por el uso de combustibles fósiles en maquinaria o vehículos propiedad de las empresas, por pérdidas de gases refrigerantes, o por reacciones químicas durante los procesos productivos siendo estas relevantes para sectores como el industrial, el minero y el sector energético. (Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2001). Las emisiones indirectas por energía o alcance 2, son generadas por el consumo de electricidad, vapor o calor dentro de la empresa. La energía comprada se define como la energía que es traída dentro de los límites organizacionales de la empresa. Las emisiones del alcance 2 ocurren físicamente en la instalación donde la electricidad es generada (Fundación Natura, 2014). El alcance 3 o emisiones indirectas, son las atribuibles a los productos y servicios adquiridos por la empresa, que a su vez habrán generado emisiones previamente para ser producidos, por lo que son las emisiones más

difíciles de identificar ya que la mayoría de los productos son adquiridos por parte de otras empresas (Fundación Natura, 2014).

Organizaciones alrededor del mundo como WWF (World Wild Fund of Nature), US EPA Climate Leaders, participan de forma voluntaria en programas para el control de operaciones a nivel mundial para lograr reducciones de los diferentes alcances y lograr un reconocimiento público de sus acciones a favor del planeta (2001).

Aunque en Colombia no es obligatorio presentar informes de emisiones de GEI, “el país atribuye aproximadamente el 0,46% de las emisiones globales (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2016). Sin embargo, con el transcurso de los años, estas emisiones pueden incrementar por el aumento en las tasas de deforestación, crecimiento de las actividades de agricultura y ganadería, entre otras.

En el área de educación superior, algunas universidades han realizado el informe de emisiones GEI, como la Universidad Sergio Arboleda Seccional Bogotá, Universidad de Santander UDES, la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA, entre otras, lo que indica que en el país ya se están tomando medidas para la reducción de gases para adaptarse a los lineamientos que propone el plan de desarrollo nacional (PND) en la estrategia transversal de crecimiento verde.

Esta estrategia pretende avanzar hacia un crecimiento verde y bajas emisiones de carbono, como también proteger y asegurar el uso sostenible de los bienes ambientales para así mejorar la calidad ambiental y, por último, se pretende disminuir el riesgo frente a desastres naturales y al cambio climático (Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Tomo 2).

Así mismo, varias universidades han transformado sus campus para ser sostenibles en el uso de sus recursos. Durante el 2014, cinco universidades colombianas estuvieron dentro del UI Greenmetric Ranking, el cual evalúa las universidades alrededor del mundo a partir de sus indicadores ambientales. La Universidad Nacional de Colombia, en sus sedes de Bogotá, Medellín y Manizales; la Universidad de los Andes, la Universidad de Santander; la Universidad Industrial de Santander y la Universidad Tecnológica de Pereira, se destacaron por sus acciones frente al cambio climático, el manejo de residuos sólidos y educación ambiental (2016) (2017).

La Universidad Libre como institución de educación, a través de sus actividades, aporta emisiones de GEI por lo que es importante determinar cuáles son las fuentes generadoras de estas emisiones e intentar llegar a una reducción o mitigación para que la universidad como líder, aporte a la mejora continua del ambiente y a una reducción del cambio climático, para plantear reducciones tempranas y voluntarias con el fin de cumplir futuros programas regulatorios.

Dentro de las funciones y actividades de la Universidad Libre en su sede principal, se encuentran registros de: consumo mensual y anual de energía eléctrica, consumo mensual y anual de gas natural, ACPM, gasolina; uso de sistemas de aire acondicionado, generación mensual y anual de residuos sólidos dispuestos, generación mensual y anual de residuos sólidos ya sean orgánicos y reciclables, generación de vertimientos de aguas residuales, generación mensual y anual de residuos tóxicos y biológicos.

Tras haber identificado y cuantificado las fuentes de emisiones GEI dentro de la Universidad Libre en su sede principal, es importante formular y poner en práctica programas de gestión ambiental para minimizar las emisiones y así reducir los impactos que estas tienen dentro de la comunidad y el ambiente.

Por lo anterior, este proyecto se enfoca en la identificación y cuantificación de los GEI generados por las funciones que se realizan dentro de la Universidad Libre en su sede principal y así, identificar las principales fuentes de emisión para posteriormente, proponer acciones para su reducción.

2. JUSTIFICACIÓN

El calentamiento global y el cambio climático se han catalogado como una problemática ambiental actual de mayor complejidad, así como también en tema clave para un desarrollo sostenible. Es por lo que, en la Conferencia de las Partes (COP 23), los países han acelerado la implementación de acciones por el clima, así como el desarrollo de comunicaciones de adaptación para compartir esfuerzos para atender las necesidades en el marco del Acuerdo de París (UNFCCC, 2017).

El cambio climático y el calentamiento global son producidos por las emisiones de los gases efecto invernadero (GEI), que son compuestos gaseosos de la atmósfera que absorben y remiten radiación solar, lo que conlleva al incremento de las temperaturas promedio de la tierra, estos incluyen: el vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), gases industriales y los halocarburos. El protocolo de Kioto establece como GEI, el Dióxido de carbono (CO₂), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonados (HFC), Perfluorocarbonados (PFC) y Hexafluro de azufre (SF₆), siendo la mayoría de estos gases provenientes de la combustión de combustibles fósiles de automóviles, fábricas y producción de electricidad (Fundación Natura, 2014).

Varias organizaciones han adoptado medidas para reducir sus emisiones de GEI. Una de ellas, es el Inventario de Gases Efecto Invernadero, que con su implementación se regula y estandariza la eficiencia energética y emisiones para mejorar su economía, disminuir costos, mejorar su productividad y catalogarse frente a otras que no gestionan sus residuos.

Esta herramienta, permite identificar las fuentes y contabilizar las emisiones de carbono equivalente originadas dentro de un servicio, actividad o proceso productivo para posteriormente formular programas de gestión ambiental para su reducción (Fundación Natura, 2014).

En Colombia las empresas están midiendo y reportando sus GEI, lo que las hace estar en camino hacia el desarrollo sostenible y hacia una economía verde. Estas empresas han realizado sus inventarios voluntariamente y gracias a este han podido implementar medidas de reducción y compensación de emisiones.

Como Ecopetrol, cuyo inventario hace parte de su Estrategia Climática para el periodo 2012-2020, mediante el desarrollo de este inventario, se han implementado medidas de mitigación en optimización de procesos, eficiencia energética y aprovechamiento de gas, reduciendo alrededor de 500.000 Ton CO₂ (Ecopetrol, 2014).

El Banco Corpbanca, dentro de su programa de Gestión Ambiental Responsable dentro de la Estrategia de Sostenibilidad, realizó el reporte de huella de carbono corporativa. En este reporte, se estimaron las emisiones de GEI para el año 2014 y se realizó una proyección de las mismas para el año 2015. A partir de los resultados obtenidos, la entidad fue la primera compañía en Colombia en transar en el Mercado Voluntario de Carbono con el fin de compensar las emisiones de GEI; así mismo, participa en iniciativas externas nacionales e internacionales para alinear su estrategia del compromiso hacia el desarrollo sostenible, como su participación en la iniciativa MVC Colombia (Mecanismo de Mitigación Voluntaria de Emisiones de GEI) mediante el cual, la entidad estimó sus emisiones, las verificó y ejecutó acciones de mitigación y por último, las compensó mediante la implementación de un proyecto con certificación Gold Standard (Banco Corpbanca S. A, 2015).

Dentro de las actividades implementadas como resultado del reporte de emisiones de GEI, se tienen campañas de reciclaje, piezas de comunicación relacionados con el impacto de los residuos en los ecosistemas y concursos de reciclaje, esto permitió que durante el año 2016 no se obtuvieran sanciones ambientales monetarias o no monetarias.

Con los impactos irremediables a consecuencia del Cambio Climático, es indispensable tomar medidas con respecto a la adaptación y mitigación. Es por lo que en 1992 se dio la primera política en respuesta al Cambio Climático, esta se dio en la Convención Marco de las Naciones Unidas frente al Cambio Climático (CMNUCC) con el fin de asesorar a los gobiernos sobre el Cambio Climático y su adaptación. Más adelante, en el año 2007, en el Plan Bali se definieron acciones para la reducción de emisiones en el futuro, de estas acciones surgió el plan de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) y también el plan de acción de Medidas de Mitigación Adecuadas a cada país (NAMAS) (Fundación Natura, 2014).

Específicamente en Colombia, como política para un desarrollo económico carbono eficiente, CONPES 3700 Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia”, en donde se resalta la necesidad del país para comprender y actuar frente a este fenómeno como una problemática de desarrollo económico y social. Así mismo, se reconoce la necesidad de implementar medidas adecuadas de adaptación y mitigación dentro de los sectores y territorios (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2011).

Por su parte, las instituciones de educación superior deben ejercer liderazgo en sus comunidades y especialmente en la sociedad, ya que estas hacen parte del camino hacia la reducción, mitigación y compensación de las emisiones de GEI. Para esto, es importante que se cuente con el apoyo de las facultades, de los administrativos, estudiantes y personal universitario, para que haya sensibilización y conocimiento acerca de las consecuencias que conllevan los aumentos en las emisiones.

La Universidad como organización, genera emisiones para el desarrollo de sus procesos, tanto procesos que brinda como procesos que adquiere, por lo que es necesario hacer una identificación y cuantificación mediante la guía del GreenHouse Gases Protocol, la cual se ha implementado en diferentes organizaciones alrededor del mundo para reducir sus emisiones y su impacto ambiental sin generar afecciones económicas, lo que indica que es la mejor herramienta para la identificación de gases. Con el modelo que indica la guía, se cuantificarán y se reportarán las fuentes generadoras de emisiones dentro de la Universidad Libre seccional Bogotá, que incluye la sede Candelaria, la sede Bosque Popular y el Colegio.

Dentro de las emisiones generadas por las actividades de la Universidad Libre en su sede principal se encuentran emisiones directas por combustión fija, emisiones por consumo de energía eléctrica, emisiones directas combustión móvil, así como también emisiones por disposición de residuos sólidos y emisiones por el uso de gases refrigerantes y aires acondicionados.

El reporte de GEI debe ser relevante para la organización y debe contener información totalmente necesaria y creíble tanto para usuarios internos o externos, para la toma de decisiones o para su revisión y auditoría (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2001). Así mismo, el inventario de emisiones de GEI, representa un alto grado de responsabilidad social ambiental, ya que la preocupación de su identificación y medición, se convierten en un referente de conciencia para la sociedad, la industria y el comercio.

Realizar el inventario de estas emisiones es importante puesto que se podrán identificar las actividades que generan más impacto sobre el ambiente y sensibilizar a la comunidad Unilibrista a cerca de la problemática ambiental asociada al cambio climático, para así, formular e implementar acciones cuyo objetivo sea reducir las emisiones de GEI y controlar el impacto ambiental generado

por la Universidad Libre en su sede principal. Pero, sobre todo posicionar a la institución como líder en materia de acción temprana de mitigación y adaptación al cambio climático.

3. OBJETIVOS

3.23.1 OBJETIVO GENERAL

Preparar el Inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la Universidad Libre Sede Principal para el año 2016 de acuerdo con los lineamientos establecidos en las NTC 14064-1, NTC 14064-3 y el Estándar para Inventarios Corporativos Greenhouse Gas Protocol.

3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar las emisiones de GEI para los alcances 1, 2 y 3 asociadas a la prestación de los servicios educativos de la Universidad Libre Sede Principal.
- Establecer acciones enfocadas a la gestión de las emisiones de GEI asociadas a las actividades y servicios prestados en la Universidad Libre Sede Principal.
- Definir un programa de seguimiento y monitoreo de los resultados de las emisiones de GEI, así como las acciones propuestas para su gestión, de manera que se promueva la toma de decisiones por las partes interesadas.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de este proyecto de investigación y para situar al lector dentro de los temas involucrados en este, se ampliarán las distintas teorías en cuanto los gases efecto invernadero y sus relacionados.

La contaminación atmosférica, se da como resultado de la emisión de gases y partículas que provienen de un conjunto de actividades tanto naturales como humanas. La contaminación originada por actividades antropogénicas genera afecciones respiratorias en seres humanos y animales, así como el deterioro de ecosistemas vegetales y acuáticos.

Las medidas de prevención de la contaminación atmosférica provienen desde el cambio en las materias primas y en los combustibles usados, reemplazándolos por unos menos contaminantes, optimizaciones en procesos de producción, como también el establecimiento de controles previos a las emisiones de partículas y gases (Jimenez & Alemany, 2000).

Los gases de efecto invernadero, en la Tercera Comunicación Nacional del Cambio Climático, con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se definen como “compuestos que, aunque estén presentes en la atmósfera en concentraciones muy pequeñas, aumentan significativamente la temperatura de la baja atmósfera. Esto se debe a su capacidad para absorber y remitir radiación infrarroja. La rapidez de los procesos físicos, químicos y biológicos que remueven cada GEI, determina su tiempo de vida, el cual puede ser largo o corto.

Los GEI de larga vida son CO₂ (tiempo de vida mayor a 100 años), CH₄ (12 años), N₂O (121 años) y clorofluorocarbonados (CFCs - entre 45 y 1020 años)” (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2016).

Por su parte el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, por sus siglas en inglés (IPCC), definen los GEI como “gas que absorbe radiación en determinadas longitudes de onda en el espectro de radiación emitido por la superficie de la tierra y por las nubes. El gas a su vez emite radiación infrarroja desde un nivel en el que la temperatura es más baja que en la superficie. El efecto neto consiste en que parte de la energía absorbida resulta atrapada localmente, y la superficie del planeta tiende a calentarse” (IPCC, 2014).

“Como consecuencia del fenómeno de absorción de la radiación reemitida, se origina un aumento y estabilización de las temperaturas en las capas más bajas de

la atmósfera, lo que permite el desarrollo de la vida. Este fenómeno se denomina efecto invernadero natural” (Origen y control de los contaminantes., 2011). Sin embargo, con el aumento en la concentración de los gases que producen el efecto invernadero en la atmósfera, ocurre una progresión del efecto invernadero, lo que origina más calor cerca de la superficie de la tierra, aumentando la temperatura.

Dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Protocolo de Kioto pone en práctica los principios de la misma y compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de GEI, instaurando metas de reducción de emisiones a los principales países responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI en la atmósfera, haciendo que los gobiernos establezcan leyes y políticas para el cumplimiento de sus compromisos.

En el mismo, se establecen los gases a los cuales aplica dicho protocolo, incluyendo: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorcarbonados, perfluorocarbonados, y hexafluoruro de azufre; así mismo, se indican los sectores y categorías de fuentes de emisión de dichos gases (UNFCCC, 2014).

Según organizaciones encargadas de la educación sobre el cambio climático como el Climate Reality Project, los gases efecto invernadero permiten a la mayor parte de la radiación solar entrar a la atmósfera y una porción de esta energía golpea la tierra y calienta la superficie y esta energía es reflejada atrás hacia el espacio como radiación infrarroja (The Climate Reality Project , 2017). Por su parte el Foro Mundial para la Naturaleza, por sus siglas en inglés (WWF - World Wildlife Fund), afirma que, según estudios científicos, la temperatura del planeta aumentó en una tasa alarmante; en su búsqueda de razones por las cuales esto sucede, se descubrió que existe una conexión entre el cambio climático y el incremento de las emisiones de gases efecto invernadero causadas por las sociedades industrializadas (WWF, 2016).

El principal gas efecto invernadero emitido por actividades humanas a la atmósfera es el dióxido de carbono (CO_2) como consecuencia de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) usados para producir energía. Así mismo, las emisiones de gas metano a la atmósfera han incrementado a escala mundial desde la Revolución Industrial, la cual incrementó en cultivos de arroz de pantano, el crecimiento en el número de ganado y ovejas, así como el uso de sistemas de gas natural (Bishop L, 2000). Este gas se forma en procesos biológicos anaerobios, puesto que se produce por la descomposición de materia orgánica. Las principales emisiones de metano que son atribuidas a las actividades humanas provienen de la combustión incompleta y de las actividades agrícolas, también es emitido en la

explotación minera del carbón y en la distribución y producción del gas natural (Noel, 1998).

En Colombia, el IDEAM clasifica los gases efecto invernadero en directos e indirectos, siendo los directos, “los gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera; y los indirectos son precursores de ozono troposférico, además de contaminantes del aire de carácter local y en la atmósfera se transforman en gases efecto invernadero directo.”

Dentro de los principales efectos que tiene el aumento en las emisiones de gases efecto invernadero, se encuentra el cambio climático el cual es descrito, según La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, como una variación de clima debido a las actividades humanas las cuales tienen como consecuencia un cambio en la composición de la atmósfera mundial, adicional a este cambio, se suma la variabilidad natural del clima la cual ha sido observado durante periodos de tiempo comparables (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

Estas variaciones se deben al modo actual de producción y consumo energético excesivo, los cuales generan impactos no solamente sobre la tierra sino también sobre los sistemas sociales y económicos. En el 2007, en Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), en su cuarto informe de evaluación se estableció que están ocurriendo fenómenos como el ascenso del nivel del mar y un cambio en el clima debidos al calentamiento global, los cuales afectan en gran medida a todas las regiones del planeta. El debate surge del desacuerdo científico acerca de su origen y los efectos generados por esta problemática, principalmente el promovido por acciones antropogénicas. Dentro de los argumentos, está el incremento de las emisiones de gases efecto invernadero a partir del segundo medio del siglo XX, así mismo, el incremento en la temperatura.

Las bases científicas del cambio climático demuestran que este fenómeno se está desarrollando de forma más acelerada de lo previsto según los técnicos de las comunidades académicas y científicas. En el Cuarto Informe de Evaluación sobre el Cambio Climático de 2007 de las Naciones Unidas, se advierte cómo las consecuencias del cambio climático se reflejarán en toda la tierra, hoy en día, se tiene documentada la gran cantidad de alteraciones generadas por ese fenómeno a lo largo del siglo XXI. Entre las modificaciones más frecuentes y típicas del cambio climático, se encuentra el incremento de la temperatura, la disminución de

los recursos hídricos, el detrimento de la biodiversidad y alteraciones en la cubierta vegetal.

En 1827, Joseph Fourier, planteó que la atmósfera actúa como un invernadero y señaló también que la composición y cantidad de gases en esta determina la capacidad de la tierra para recibir y emitir energía; consecutivamente, en 1861, se descubrió que el dióxido de carbono y el metano de la atmósfera son los principales compuestos que absorben la radiación infrarroja de la luz solar, lo que provoca que las moléculas reemitan la radiación en todas direcciones, teniendo como principal efecto, el calentamiento de la superficie terrestre y la parte baja de la atmósfera. Arrhenius, Chamberlain y Hofbom, treinta años después, demostraron que la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera por la quema de combustibles fósiles podría conducir a un calentamiento global, pese a este descubrimiento, no se logró establecer el proceso que dio inicio a este fenómeno (Cruz & Martinez, 2012).

Sobre esta problemática mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), manifiesta que el cambio climático es uno de los mayores desafíos para nuestros tiempos, puesto que ningún país es inmune a los efectos de este problema ambiental ya que tienen repercusiones en la salud, economía, seguridad y producción de alimentos. Esta organización está enfocada en fortalecer capacidades locales y nacionales en cuanto adaptación al cambio climático mediante la elaboración de estrategias tanto públicas como privadas, así como la implementación de proyectos piloto (UNEP, 2016).

En Colombia el IDEAM, aclara que el cambio climático desde un punto de vista meteorológico es la alteración de condiciones predominantes. “Los procesos externos tales como la variación de la radiación solar, variaciones de los parámetros orbitales de la tierra, los movimientos de la corteza terrestre y la actividad volcánica nos factores que tienen gran importancia en el cambio climático.”

Para reducir las condiciones en que el cambio climático es desarrollado, se debe reducir o al menos mantener las cantidades actuales de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. El dióxido de carbono puede ser reducido mediante la disminución del consumo total de energía, lo que implica un cambio en el estilo de vida o un mayor esfuerzo para hacer los procesos de consumo energético más eficientes. Para estabilizar las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico, se necesitaría una reducción de emisiones del 8 al 10%, mediante esta reducción, no se previenen futuros incrementos, pero ayudará hasta que se encuentren otros

combustibles no contaminantes. Por otro lado, para la remoción de este gas en la atmósfera, es necesario aumentar la masa mundial vegetal lo que significa la compensación del dióxido de carbono producido, mediante la fotosíntesis (Bishop L, 2000).

Como consecuencia del aumento del deterioro ambiental, surge la necesidad de 'gestionar, administrar y manejar' el medio ambiente con el fin de minimizar los problemas existentes y establecer una alianza del hombre con la naturaleza. Por lo tanto, la gestión ambiental según Vega dentro del contexto empresarial es definida como parte de la gestión empresarial que se encarga de los temas del medio ambiente y su conservación, así mismo comprende la estructura organizativa, las responsabilidades, los procedimientos y prácticas para llevar a cabo la política ambiental de la empresa (Vega Mora, 2001).

Por otro lado, autores como Granero y Ferrando, la gestión ambiental, es un conjunto de decisiones y acciones orientadas al logro del desarrollo sostenible, siendo su principal objetivo aumentar los niveles de calidad ambiental mediante la toma de medidas necesarias sobre las actividades que generen degradación en el entorno. La gestión ambiental es generalmente un proceso permanente el cual permite diseñar y ejecutar políticas ambientales, así como planificar y programar acciones encaminadas a lograr los objetivos (Granero Castro & Ferrando Sanchez).

Por lo tanto, los sistemas de gestión medioambiental permiten la identificación de los impactos que tienen sobre el medio ambiente los procesos y actividades de las empresas. Este sistema, permite el cumplimiento de ciertos objetivos destinados a la mejora continua desde el punto de vista ambiental de las empresa donde se implemente, los objetivos del sistema permiten garantizar el cumplimiento de los requisitos legales ambientales en ámbitos locales, nacionales e internacionales, identificar y prevenir los efectos que las actividades de la organización producen sobre el medio ambiente para analizar y gestionar los riesgos, optimizar el uso de recursos naturales (Vega Mora, 2001).

Dentro del ciclo PHVA de los sistemas de gestión ambiental, en la fase de verificar, se realiza un seguimiento y monitoreo el cual "establece los procedimientos necesarios para controlar y medir de forma regular las características clave de las operaciones y actividades que puedan tener un impacto significativo sobre el medio ambiente, así como fijar las normas que deben cumplirse para llevar a cabo el mantenimiento y calibración de los equipos de medición de los parámetros ambientales. Mediante los procesos de medición, la organización debe obtener datos suficientes y fiables como para poder llevar a

cabo un seguimiento del proceso de mejora continua y del cumplimiento de la legislación.” Toda organización debe establecer y mantener al día los procedimientos documentados para su seguimiento continuo, este seguimiento implica la medición y control de forma regular de las operaciones y actividades que puedan tener un impacto significativo sobre el medio ambiente (Vega Mora, 2001).

Relacionado con la mejora continua, el ciclo PHVA o ciclo de Deming, es un ciclo que se puede desarrollar para cada proceso en una organización y está ligado a la planificación, implementación y control. Es importante establecer e implementar un Sistema de Gestión de Calidad el cual esté orientado a los procesos y a la mejora continua. Con esto, las organizaciones lograrán mejorar su competitividad y liderazgo, comprometiéndose con el constante desarrollo de sus objetivos (Vega Mora, 2001).

4.2 MARCO POLÍTICO

Tabla 1. Descripción del Marco Político Ambiental Colombiano relacionado a la mitigación y adaptación del cambio climático.

| Política / Estrategia / Plan | Descripción | Entidades relacionadas | Importancia para el IGEI |
|--|--|-------------------------------|--|
| Política Nacional de Cambio Climático. | Incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones para avanzar hacia la economía baja en carbono, reduciendo los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera. | MADS | Gestión del cambio climático. Además de fortalecer las acciones orientadas a la mitigación y la adaptación frente a los fenómenos climáticos y, además, cumplir con el compromiso plasmado en el Acuerdo de París de 2015. |
| Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). | Reducción del riesgo en poblaciones y ecosistemas a los impactos del cambio climático. | MADS, DNP, IDEAM, UNGRS | Permite alcanzar objetivos de mitigación de GEI y adaptación, para minimizar los conflictos climáticos. |
| Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC). | Reducción del crecimiento de las emisiones GEI producidas por el crecimiento económico nacional. | MADS | Propone estrategias enfocadas a la reducción de las emisiones de GEI a medida que crece la economía del país. |

| | | | |
|---|---|-----------|--|
| Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (ENREDD+) ¹⁰ . | Implementación de instrumentos financieros y de gestión ambiental que permitan disminuir la pérdida de cobertura forestal y las emisiones de carbono asociadas. | DNP, MADS | Estrategia que propone mecanismos para reducir los impactos del cambio climático que desencadena la deforestación y la degradación de los bosques. |
| CONPES 3700/2011: Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático. | Resalta la necesidad del país de comprender y actuar frente al cambio climático con el fin de fomentar la formulación de políticas y acciones | DNP | Articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático que permitan integrar esta problemática dentro del contexto del país y buscar la reducción de las emisiones de GEI. |
| Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014, Prosperidad para todos. | Preparación del país frente a eventos climáticos extremos. Orientación a la formulación de programas y proyectos de adaptación al cambio climático. | DNP | Desarrollo de estrategias para avanzar en la adaptación y mitigación del cambio climático, con el fin de alcanzar la meta propuesta en la COP 21 de una disminución del 20% de las emisiones de GEI. |

Fuente: (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2016)

4.3 MARCO CONCEPTUAL

En este apartado se exponen conceptos clave para el desarrollo y comprensión de este proyecto.

Dentro de la problemática actual ambiental enfocada en el aumento de la temperatura de la tierra, debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, se ponen en práctica herramientas que permiten identificar y cuantificar las emisiones de GEI. Dentro de estas herramientas se encuentra el *inventario de emisiones*, el cual es definido dentro del Inventario Nacional como un reporte, delimitado para un periodo de tiempo y territorio, de la cantidad de GEI emitidos directamente a la atmósfera como resultado de actividades humanas (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2016).

Por su parte la Secretaría Distrital de Ambiente lo define como una herramienta que proporciona información sobre las actividades que causan las emisiones y absorciones de GEI, así como de antecedentes sobre los métodos utilizados para hacer los cálculos (Secretaría Distrital de Ambiente, 2013) . Por lo tanto, el inventario busca conocer la localización y magnitud de las fuentes emisoras, así como los tipos de contaminantes emitidos y la intensidad a la cual son emitidos. Esta información es apropiada para los estudios sobre la contaminación atmosférica para determinar el grado de contaminación de la zona de estudio. En el inventario se tienen en cuenta las fuentes de emisión de la zona de estudio, pero además considera emisiones que puedan afectar a esta de manera significativa, aunque aquellas estén fuera de la zona de estudio.

Los resultados provenientes de los inventarios de GEI, son una herramienta que permite establecer las principales actividades que generan emisiones en el país, haciendo posible la toma de decisiones en cuanto a acciones de mitigación (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2016).

Dentro de las *fuentes de emisión* como lo indican Espert Alemany y López Jiménez, se encuentran las fuentes estacionarias de combustión, las cuales incluyen procesos de quema de combustible para calefacción, producción de bienes y generación de energía; se han de detallar las clases de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos utilizados, así como su composición con respecto a la cantidad de azufre y cenizas volátiles que pueden producir. Por otro lado, se encuentran las fuentes de combustión móviles, que corresponden a vehículos automóviles terrestres (2004).

Con este diagnóstico de emisiones GEI es posible generar modelos para diferentes escenarios de mitigación que permitirán identificar las acciones de mayor impacto en cuanto a reducción de emisiones futuras, así como la realización de un análisis de costos de implementación y de co-beneficios.

Para conocer cuántos y cuáles GEI son emitidos a la atmósfera, el IPCC (2014) ha venido desarrollando metodologías estandarizadas para realizar inventarios nacionales, los cuales se convierten en la principal herramienta para orientar la toma de decisiones para el diseño e implementación de medidas de mitigación que permitan la reducción de las emisiones.

Otra de las herramientas cuyo uso ha venido en crecimiento, es la *huella ecológica o ecological footprint* la cual según Domonech Quesada es un indicador de sostenibilidad de índice único, que mide los impactos que produce una población, expresados en hectáreas de ecosistema o naturaleza, es habitualmente empleada para regiones o países, así mismo, es un indicador de impacto ambiental que puede ser utilizado para medir la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta para relacionarla con la capacidad que tiene la tierra para regenerar dichos recursos.

El *inventario corporativo de GEI o huella ecológica corporativa*, es según el Inventario Nacional (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2016), la contabilización de las emisiones GEI generadas en todas las actividades llevadas a cabo por una empresa u organización. Este inventario es también llamado huella de carbono de una empresa o huella de carbono de producto, que es la contabilización de las emisiones de GEI en cada proceso productivo desde que comienza la producción de un producto hasta que llega al consumidor final.

La huella ecológica es una herramienta que permite identificar el impacto de las actividades humanas sobre un ambiente y también establecer las medidas correctoras para dichos impactos. Esta herramienta convierte los consumos de materiales y de energía a hectáreas de terreno productivo, lo que ofrece una idea precisa del impacto que tienen las actividades sobre el ecosistema (Quesada, 2009).

Asociado al calentamiento global y el cambio climático está el *efecto invernadero*, que es definido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como efecto que se deriva del calentamiento natural de la tierra, los GEI, presentes en la atmósfera, retienen parte del calor del sol y mantienen una temperatura óptima para el desarrollo de la vida, evitando que la superficie tenga una temperatura

media de 18° C bajo cero, evitando un congelamiento de la superficie terrestre. La radiación solar pasa a través de la atmósfera y una cierta cantidad es reflejada por la atmósfera u otra por la tierra, la energía solar adsorbida por la superficie de la tierra y la caliente convirtiéndose en calor emitido radiación infrarroja de onda larga de nuevo a la atmósfera, una parte de esta radiación es adsorbida y reflejada de nuevo a la tierra por medio de los GEI, calentando la superficie terrestre. Cuanto más calor gana la superficie, más radiación infrarroja se emite agravando la situación. Una parte de la radiación pasa a través de la atmósfera u se pierde en el espacio (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

Este fenómeno permite que la temperatura sea proporcional y se conserve en la superficie terrestre impidiendo las bajas temperaturas y que las incidencias de los rayos sean directas impidiendo los procesos naturales y antrópicos terrestres.

En el Inventario Nacional de GEI se define el efecto invernadero, como un proceso natural que hace posible la vida en la superficie terrestre. Para mantener su balance energético, la tierra debe remitir al espacio, en forma de calor o radiación infrarroja, la energía recibida del sol que calienta la superficie de la tierra. En su estado natural, el vapor de agua, dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero atrapan (absorben y remiten) esta radiación, lo que calienta la parte baja de la atmósfera (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELERÍA, 2016).

Por su parte, el *calentamiento global*, es definido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como un proceso en el que, por aumento de adsorción o retención de radiación solar en las partículas de los GEI, lo que provoca paulatinamente un aumento en el porcentaje de radiación contenida en la atmósfera, reflejándose en un aumento de la temperatura media del planeta tierra. Por lo que, en esencia el calentamiento global es evaluado en el transcurso de un periodo largos periodos de tiempo y se analizan de manera histórica con el fin de determinar el cambio de la temperatura del planeta durante el tiempo (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELERÍA, 2016).

Para manejar adecuadamente los GEI, se implementan *acciones de mitigación*, que son intervenciones antropogénicas por medio de un conjunto de acciones, estrategias, políticas orientadas y adoptadas con el fin de reducir las fuentes de emisiones de efecto invernadero y mejorar sustancialmente los sumideros de carbono equivalente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016). Implementando este tipo de medidas podemos disminuir los efectos de las

emisiones que se generan por parte de las sociedades en el desarrollo de sus actividades.

Los *sumideros de GEI*, se definen como un depósito natural o artificial de carbono, que contribuye a reducir la cantidad de CO₂ del aire. Estos depósitos u operaciones se encargan de eliminar y regular las concentraciones de CO₂ en la atmósfera, los depósitos naturales suelen ser bosques y flora biótica submarina de grandes extensiones que absorben dicho carbono y lo almacenan en el subsuelo o en el mar profundo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

Para expresar las emisiones de GEI emitidas a la atmósfera, se utiliza el CO₂ *equivalente* (CO_{2eq}), que es la unidad universal de medida que indica el GWP de cada uno de los seis gases efecto invernadero, expresado en términos del GWP de una unidad de dióxido de carbono. Se utiliza para evaluar la liberación o el evitar la liberación de diferentes gases efecto invernadero (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2001).

Dentro de este mismo contexto, está el *potencial de calentamiento global o PGW por sus siglas en inglés*, el cual está definido como el factor que describe el impacto de la fuerza de radiación considerado cómo grado de daño a la atmósfera de una unidad tomando como referencia la masa de un determinado GEI con relación a la unidad equivalente de CO₂ en un tiempo determinado (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2001). También es un valor relativo que expresa qué tanta radiación infrarroja atrapada por la misma masa de CO₂. El GWP se calcula sobre horizontes de tiempo de 20, 100 y 500 años (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2016).

El *factor de emisión* es, según el Inventario Nacional de GEI, como un valor representativo que relaciona la cantidad de un gas emitido a la atmósfera con la actividad asociada a la emisión de dicho gas. Estos factores son usualmente expresados como el peso del gas dividido por unidad de peso, volumen, distancia o duración de la actividad emisora. Estos factores facilitan la estimación de emisiones de varias fuentes de GEI (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2016).

Para el desarrollo de un inventario de GEI, es herramienta indispensable, la calculadora de emisiones, la cual permite computar los resultados de las emisiones de GEI que se generan a partir de las diferentes actividades dentro de una organización. Así mismo, permite visualizar los datos de manera tal, que se construyan acciones de mitigación y reducción de las emisiones.

Como herramienta principal para el desarrollo del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la Universidad Libre Sede Principal, se toma la propuesta en el estándar corporativo del *GreenHouse Gas Protocol (GHG Protocol)*. Este protocolo establece un estándar global para medir, manejar y reportar las emisiones de gases efecto invernadero generadas en una organización. Es la herramienta de cálculo más usada por los gobiernos y líderes del mercado para entender, cuantificar y manejar emisiones de gases efecto invernadero.

El GHG Protocol trabaja con los mercados, los gobiernos y grupos ambientales alrededor del mundo en la construcción de una nueva generación de programas efectivos y creíbles para la mitigación y adaptación al cambio climático. Así mismo, el GHG Protocol ofrece a países en desarrollo una herramienta de gestión internacionalmente aceptada para aumentar su competencia en mercados globales, permitiendo que los gobiernos tomen decisiones informadas y acertadas sobre el cambio climático (GREENHOUSE GAS PROTOCOL, 2018).

Dentro de sus lineamientos de desarrollo, se encuentran las siguientes etapas:

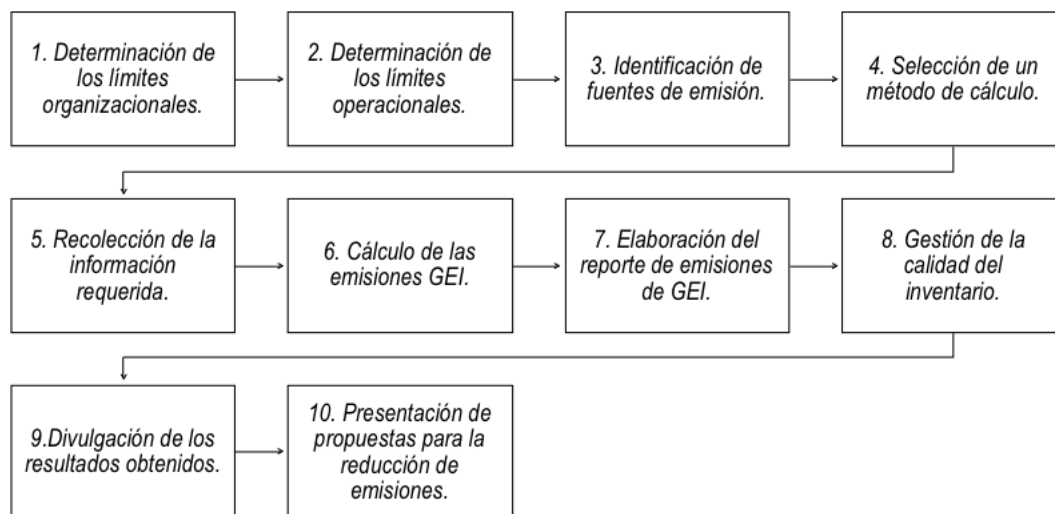


Ilustración 1. Etapas del desarrollo del IGEI del Greenhouse Gas Protocol.

Fuente: Adaptado del Greenhouse Gas Protocol.

En la implementación de este protocolo, se modificaron las etapas para una mejor adaptabilidad en el área de trabajo.

5.3.1 Etapa 1. Determinación de los límites organizacionales.

En esta etapa se seleccionó el enfoque por el cual se consolidan las emisiones GEI. Este enfoque varía de acuerdo con el control o participación accionaria que tiene la Universidad Libre (sede principal) para contabilizar sus emisiones.

De acuerdo a esto, el enfoque escogido para realizar el IGEI es el enfoque de control, el cual permite contabilizar el 100% de las emisiones de las actividades sobre las cuales ejerce control.

5.3.2 Etapa 2. Determinación de los límites operacionales.

Se identificaron las emisiones asociadas a cada una de las operaciones sobre las cuales la Universidad Libre (sede principal) ejerce control, para así clasificar dichas emisiones en los tres diferentes alcances. Es importante aclarar que se deben contabilizar y reportar como mínimo, las emisiones para los alcances 1 y 2 (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute, 2001).

5.3.3 Etapa 3. Identificación de fuentes de emisión.

Se identificaron y categorizaron las fuentes de emisiones de GEI dentro de los límites de la Universidad Libre (sede principal). Se identificaron sus fuentes de emisión directas ya sean de combustión fija, combustión móvil, emisiones de proceso o emisiones fugitivas. Luego de esto, se identificaron las fuentes de emisiones indirectas, las cuales son derivadas por el consumo o adquisición de electricidad, vapor o calor.

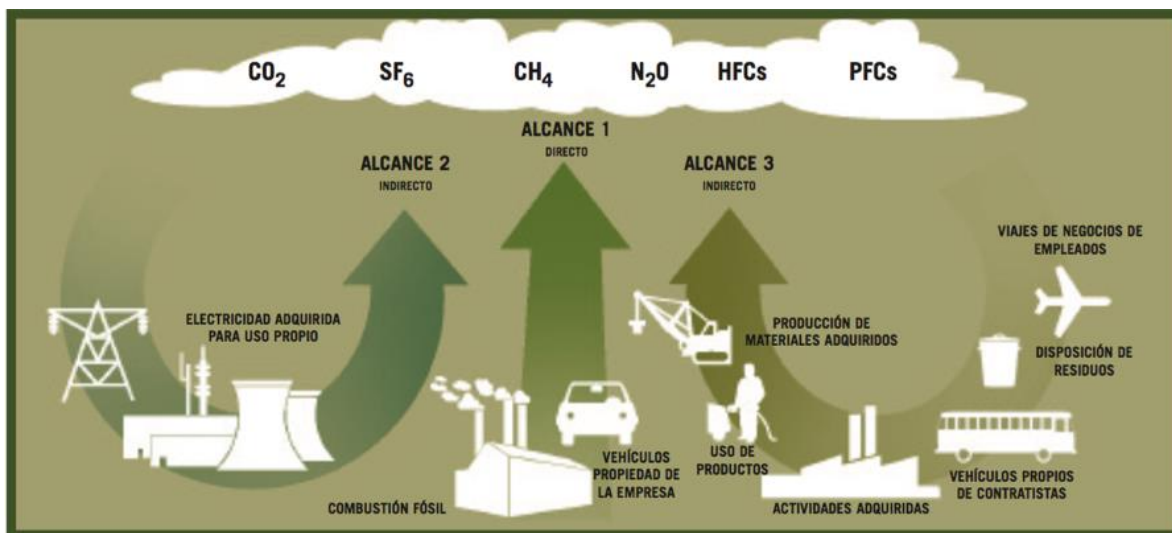


Ilustración 2. Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor.

Fuente: Greenhouse Gas Protocol 2001.

La identificación de emisiones alcance 3 es un paso opcional y permite a la organización expandir el límite de su inventario, por lo que, en este alcance se desarrolló con la información que cuenta la Universidad para las actividades que entran dentro de este alcance.

5.3.4 Etapa 4. Selección del método de cálculo.

Las emisiones se calculan frecuentemente mediante la aplicación de factores de emisión documentados, las organizaciones deben seleccionar y usar el método de cálculo más exacto y que sea apropiado dentro de su contexto.

Para el inventario de GEI de la Universidad Libre, se tomaron como base los factores de emisión para energía eléctrica de la Resolución 453 de 2004 (MDL), de los Highlights de la Agencia Internacional de Energía (IAE), de las estadísticas de XM y el factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional de la UPME.

Esto con el fin de establecer la sensibilidad que se tiene con cada uno de los factores de emisión. Por otro lado, para combustibles fósiles, se usarán datos de la UPME y de AP-42, y para emisiones de gases refrigerantes, se tomará de acuerdo al reporte de fugas durante el mantenimiento.

Las emisiones se calcularán a partir de los factores de emisión documentados.

$$E = A \times EF$$

where:

E = emissions,
A = activity rate,
EF = emission factor,

Ilustración 3. Ecuación para el cálculo de las emisiones.

Fuente: Adaptado de EPA, 1995.

5.3.5 Etapa 5. Recolección de información requerida.

Uno de los pasos más importantes es la recolección de información, para las emisiones directas es necesaria información de las cantidades de consumo y adquisición de combustibles comerciales.

Para las emisiones indirectas, se requiere información del consumo de electricidad, finalmente, para las emisiones de alcance 3 se acotará la información requerida con la información disponible de las actividades de la Universidad.

5.3.6 Etapa 6. Cálculo de las emisiones GEI.

Para el cálculo de emisiones se tomó como base, las tablas de Potencial de Calentamiento Global, para que los resultados se expresen en CO₂ equivalente.

| Global warming potential (GWP) values relative to CO ₂ | | | | |
|---|------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Industrial designation or common name | Chemical formula | GWP values for 100-year time horizon | | |
| | | Second Assessment Report (SAR) | Fourth Assessment Report (AR4) | Fifth Assessment Report (AR5) |
| Carbon dioxide | CO ₂ | 1 | 1 | 1 |
| Methane | CH ₄ | 21 | 25 | 28 |
| Nitrous oxide | N ₂ O | 310 | 298 | 265 |

Ilustración 4. Valores del Potencial de Calentamiento Global.

Fuente: Adaptado del IPCC *Fifth Assessment Report*, 2014.

5.3.7 Etapa 7. Elaboración del reporte de emisiones de GEI.

Para reportar las emisiones de GEI, es necesario recopilar y condensar los datos obtenidos, esto con el fin de minimizar la carga del reporte, reducir los errores que se generen y asegurar que estos mismos, se generen de manera consistente. Las herramientas de recopilación para el reporte de emisiones incluyen bases de datos, hojas de cálculo y formas de reporte en papel. Un reporte de emisiones GEI presenta información relevante, completa, consistente y precisa. El reporte se elaborará siguiendo los lineamientos presentados en la NTC ISO 14064 y en el GHG Protocol.

5.3.8 Etapa 8. Gestión de la calidad del inventario.

La gestión de calidad del inventario del inventario de emisiones de GEI, permite identificar las oportunidades de mejora, demandas específicas de las partes involucradas y la preparación para el cumplimiento de regulaciones. Un sistema de gestión de calidad ofrece un proceso para prevenir y corregir errores e identificar áreas en las cuales una inversión puede ser más efectiva, adicionalmente, el objetivo principal de un sistema de gestión de calidad es asegurar la credibilidad del inventario de GEI.

5.3.8 Etapa 9. Divulgación de los resultados obtenidos.

Etapa clave del reporte de las emisiones de GEI, para dar a conocer los resultados obtenidos de tal manera que se permita a las partes interesadas tomar decisiones basadas en los resultados. En la Universidad Libre Sede Principal, se harán públicos los resultados mediante el uso de los canales de comunicación autorizados.

5.3.9 Etapa 10. Presentación de propuestas para la reducción y compensación de las emisiones.

A partir de los resultados del reporte, y su previa divulgación a las partes interesadas dentro de la Universidad, es posible obtener compromisos para la reducción de emisiones.

Dichos compromisos incluyen compensaciones, optimización de recursos y mejoras en la tecnología. Al finalizar el inventario de las emisiones GEI de la Universidad Libre, se propondrán acciones encaminadas a la gestión de las emisiones las cuales se presentarán a los tomadores de decisiones.

Por otro lado, se seguirán los lineamientos planteados en la *Norma Técnica ISO 14064* en sus partes 1 y 3. La Norma ISO 14064, detalla los principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de los inventarios de GEI para organizaciones y compañías, y así mismo, la presentación de los informes de dichos inventarios.

Esta norma incluye los requisitos para la delimitación de las emisiones de GEI, su cuantificación y remoción dentro de la organización, como también, la identificación de las actividades que se podrán llevar a cabo por parte de la organización para mejorar la gestión de los GEI. También detalla tanto los requisitos como las orientaciones para la gestión de calidad del inventario, el informe, la auditoría interna y las responsabilidades de la organización en las actividades de verificación (ISO, 2016).



Ilustración 5. Objetivos ISO 14064-1:2006 e ISO 14064-3:2006

Fuente: Autores, 2016.

4.4 ÁREA DE INTERÉS

La Universidad Libre Sede Principal está presente en dos partes de la ciudad de Bogotá, para la identificación de las zonas en las que hace presencia la Universidad Libre se utilizó el Software ArcGis y los shapefiles de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital.

Uno de estos puntos es la Sede Bosque Popular, se encuentra ubicada en el Noroccidente de la ciudad, localidad de Engativá, Unidad de Planeación Zonal y Barrio Jardín Botánico, con dirección Carrera 70 No. 53 – 40.

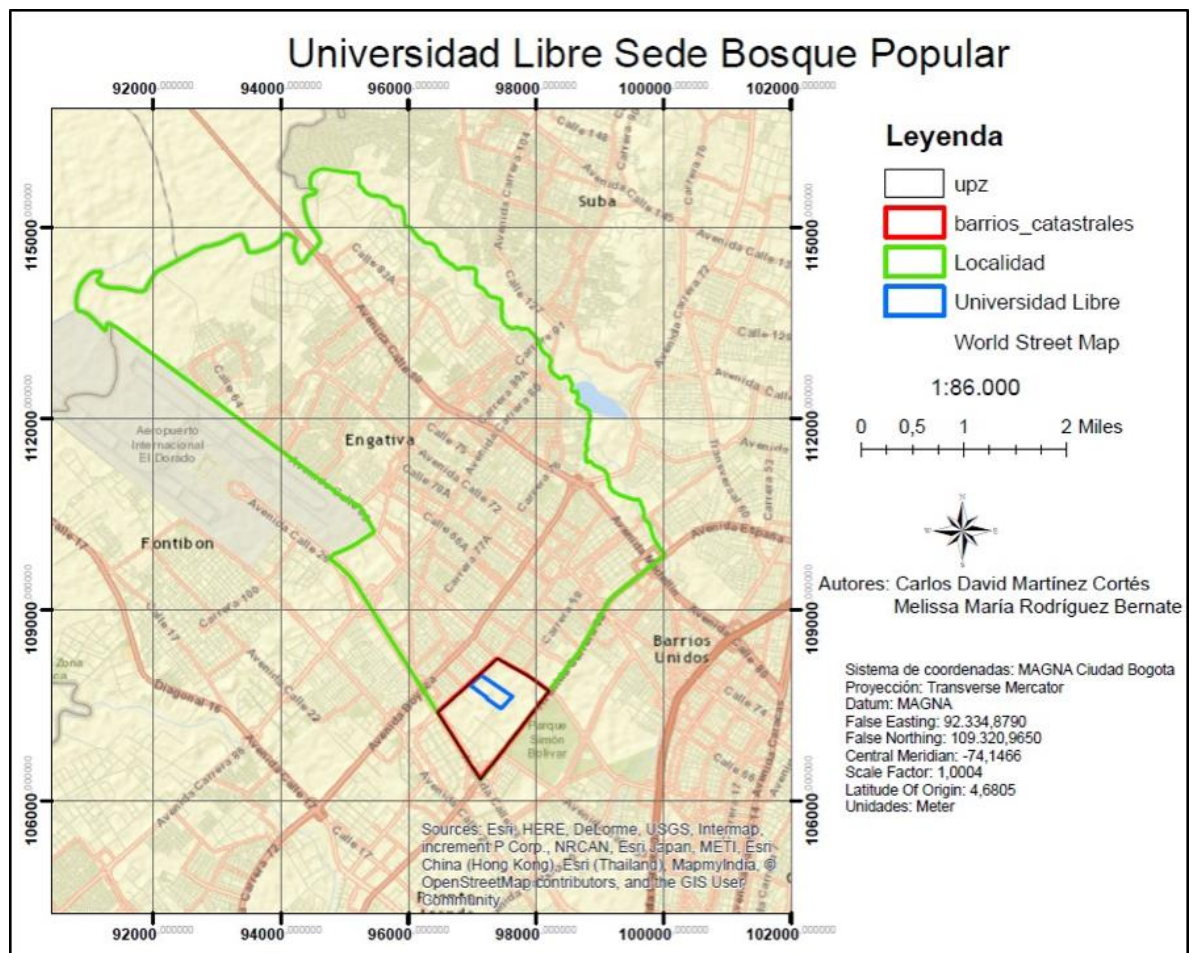


Ilustración 6. Localización de la Sede Bosque Popular de la Universidad Libre, Seccional Bogotá.

Fuente: Autores, 2016.

Su otro punto es la Sede Candelaria, la cual se ubica en el centro de la ciudad, Localidad de Candelaria que a su vez se encuentra en la Localidad de Santa Fe, Unidad de Planeación Zonal La Candelaria, Barrio Centro Administrativo, con Dirección Calle 8ª No. 5-80.

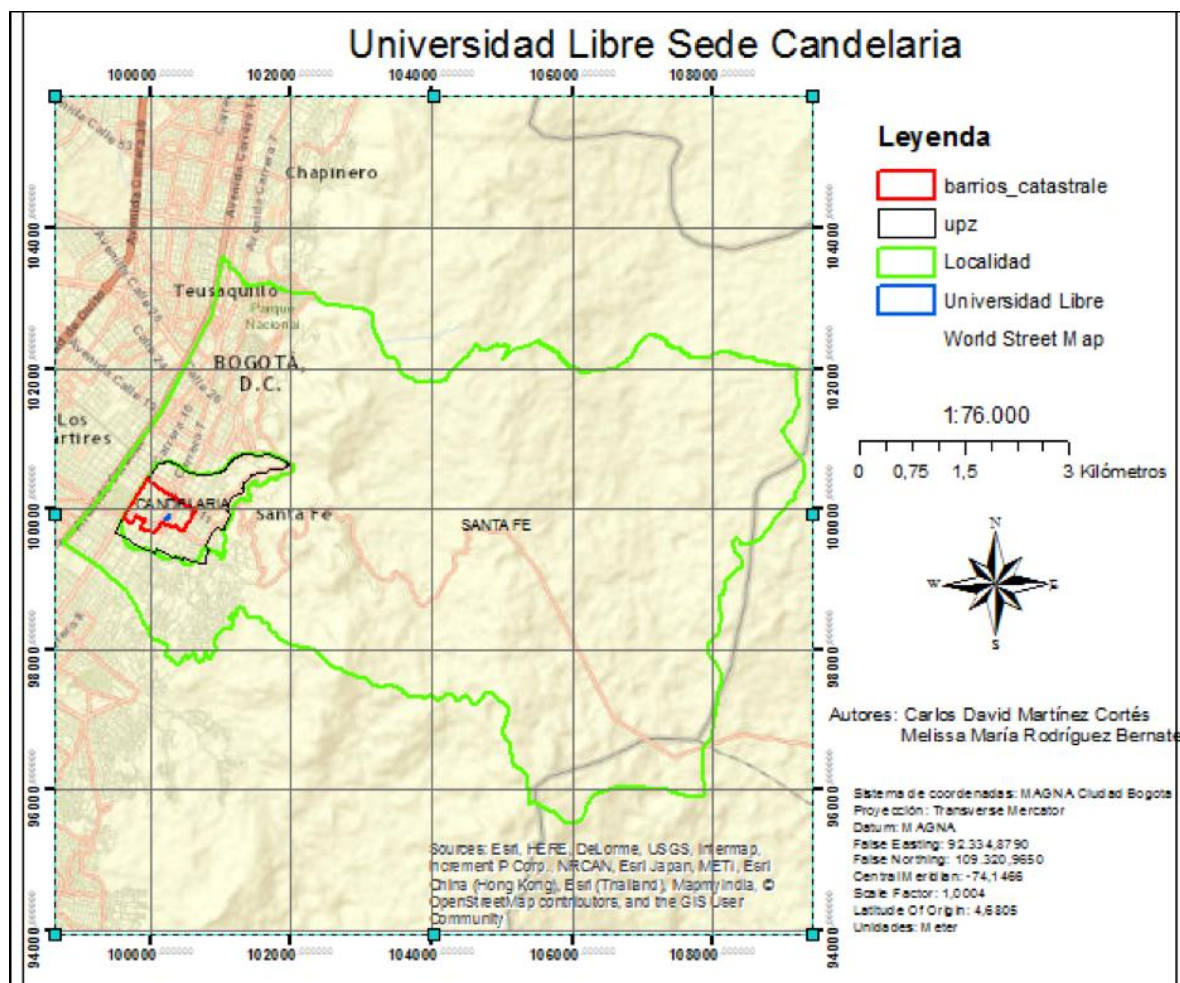


Ilustración 7. Localización de la Sede Candelaria de la Universidad Libre, Seccional Bogotá.

Fuente: Autores, 2016.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 CLASE DE INVESTIGACIÓN

Según la clasificación propuesta por Grajales esta investigación es de tipo descriptivo ya que trabaja sobre realidades y su objetivo principal es presentar una interpretación correcta.

En este tipo de investigaciones se miden variables o conceptos con el fin de especificar las propiedades importantes del fenómeno que está bajo análisis (Tevni, 2000) .

5.1.1 HIPÓTESIS DEL TRABAJO DE GRADO

Para responder a la pregunta de trabajo:

¿Cuál es la cantidad de CO₂ emitido por los servicios y actividades que se prestan dentro de la Universidad Libre Sede Principal?

5.2 DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología que será usada para el desarrollo de este proyecto será la propuesta en el estándar corporativo del GreenHouse Gas Protocol (GHG Protocol), desarrollado por el World Resources Institute (WRI) en compañía con el World Business Council on Sustainable Development (WBCSD).

6. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL

6.1.1 Límites organizacionales

El límite temporal para el desarrollo del inventario de GEI es el 2016, siendo este, el año base para los próximos estudios comparativos. Así mismo, el límite espacial abarca todos los edificios y cafeterías de las sedes Candelaria y Bosque, además de los edificios y cafeterías que se encuentran dentro del colegio.

6.1.2 Límites Operacionales

Para delimitar los límites operacionales de la Universidad Libre Sede Principal, se identifican las emisiones y se clasifican por alcances, priorizando aquellas fuentes de emisión que sean significativas para cada alcance.

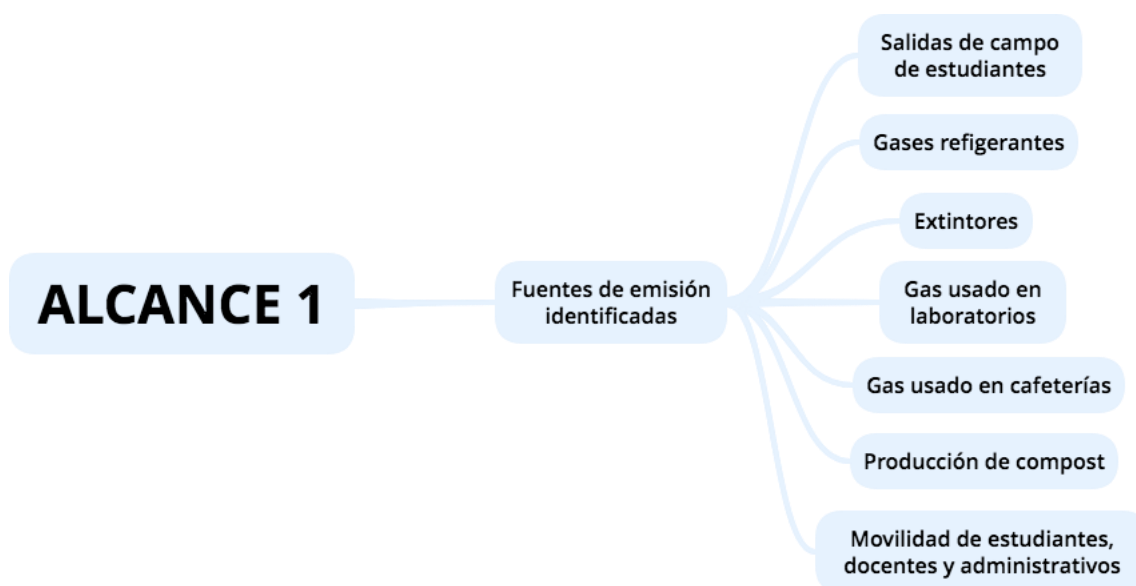


Ilustración 8. Fuentes de emisión identificadas para alcance 1.

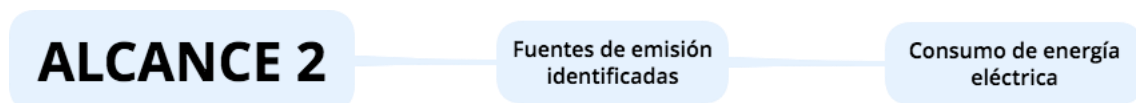


Ilustración 9. Fuentes de emisión identificadas para alcance 2.



Ilustración 10. Fuentes de emisión identificadas para alcance 3.

6.1.3 Identificación de fuentes de emisión

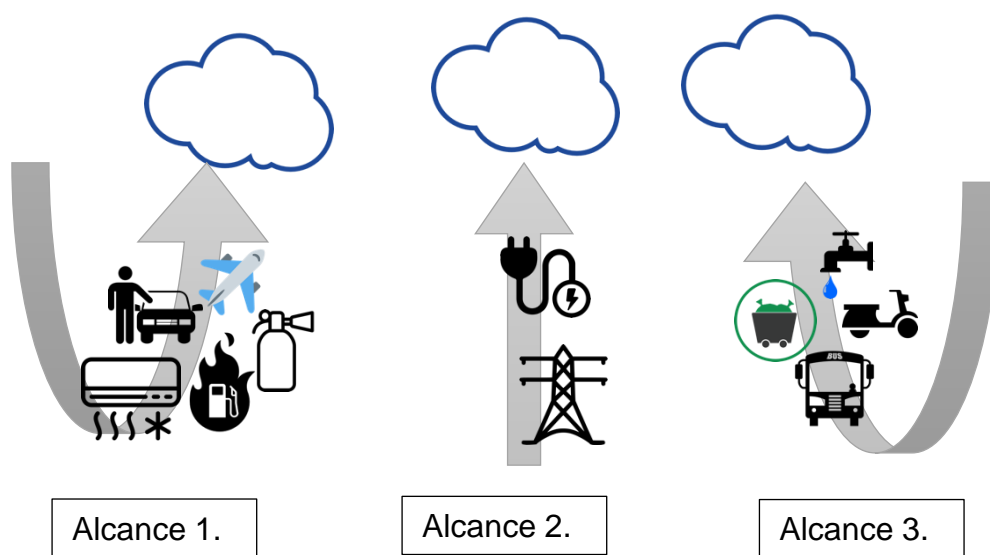


Ilustración 11. Alcances y emisiones consideradas.

6.1.4 Datos y factores de emisión.

Alcance 1: emisiones directas.

- **Consumo de GLP**

El consumo de GLP proviene principalmente de las cafeterías (sede Candelaria, sede Bosque) y de los laboratorios.

| Consumo GLP | kg |
|------------------------|-----------|
| Total consumo GLP 2016 | 9723,3 |

Tabla 2. Consumo de GLP total para el año 2016.

El factor de emisión para esta actividad es **3,012 Kg CO₂ / Kg GLP** (FECOC, 2016).

- **Recarga de extintores**

Para esta actividad, se toman en cuenta las recargas que se hacen a todos los extintores que se encuentran dentro de las instalaciones de la Universidad Libre Sede Principal.

Para el caso específico de la Universidad, se usan como agentes extintores: el Solkaflam, PQS, CO₂, y H₂O. De los cuales el PQS, el H₂O son agentes limpios, lo que indica que no generan emisiones de GEI.

Por su parte, el Solkaflam no tiene factor de emisión, pero para calcular las emisiones de CO₂, se toma como referencia su potencial de calentamiento global (GWP). El agente extintor usado es el gas hidrofluorocarbonado (R-123) y su GWP es 79 (ISAGEN, 2018).

El CO₂ utilizado como agente extintor, tiene como factor de emisión 1 puesto que se calcula de manera directa puesto que el balance de masas se hace directamente sobre el CO₂ de los equipos (ISAGEN, 2018) .

| Tipo de extintor | Unidades |
|-------------------------|-----------------|
| Solkaflam | 66 |
| CO ₂ | 16 |
| PQS | 142 |
| H ₂ O | 19 |

Tabla 3. Unidades y tipos de extintores existentes en la Universidad Libre sede Principal.

- ***Movilidad académica de estudiantes, docentes y administrativos***

La movilidad que se realiza en la Universidad tanto de estudiantes, docentes y administrativos, se calcula con el número de kilómetros hasta el destino y el medio de transporte usado en dichos desplazamientos. Estos desplazamientos incluyen los viajes de las diferentes salidas de campo realizadas en las facultades y también los viajes que se realizan en representación de la Universidad en congresos o eventos académicos ya sea nacionales e internacionales.

Para los viajes terrestres, se utiliza la calculadora CeroCO₂, iniciativa ECODES (Fundación Ecología y Desarrollo), una organización que tiene como misión actuar en pro de la sostenibilidad. CeroCO₂, propende implementar acciones concretas para el cuidado del clima, facilitando y promoviendo la participación de todos los actores sociales (CeroCO₂, 2018).

La calculadora CeroCO₂, que permite calcular la huella de carbono por desplazamientos terrestres, arroja los resultados directamente en kg de CO₂/persona.

En cuanto a la movilidad aérea, para calcular las emisiones de CO₂, se utiliza el *Carbon Emissions Calculator*, que es desarrollada por la Organización de Aviación Civil Internacional que por sus siglas en inglés corresponde a ICAO (ICAO, 2016) .

Esta calculadora permite estimar las emisiones atribuidas a los viajes aéreos, con solo indicar el destino y el número de pasajeros de dicho viaje.

- ***Producción de compostaje***

Dentro de los objetivos del Sistema Ambiental de la Universidad Libre (SIAUL), es el aprovechamiento de los residuos de podas de jardinería, excluyendo el pasto. Esto con el fin de disminuir los residuos enviados a relleno sanitario y que tienen potencial de uso.

Debido a que no se cuentan con datos exactos sobre el peso de los residuos que se obtienen después del proceso de compostaje, se realizaron unos cálculos específicos para el desarrollo de este proyecto. Así mismo, el contratista

encargado de el manejo de este proceso cuenta con la cantidad de viajes y el volumen de los camiones en donde transportan el material final.

| Compost | m³ | kg |
|----------------------------------|----------------------|-----------|
| Total de compost obtenido al año | 120 | -22085 |

Tabla 4. Volumen total obtenido de compost para el 2016.

Ya que el proceso de compostaje realizado en la Universidad Libre sede Principal, es aerobio, no se generan emisiones de CH₄ sino de CO₂. Siendo así, el factor de emisión para el compostaje aerobio de residuos de jardín es **0,844 kg CO₂eq / kg de residuo** (Alison, Keith, Steve, Kathryn , & Judith, 2001) .

- **Recarga de gases refrigerantes**

Para los equipos de refrigeración, es necesario conocer el tipo de gas refrigerante. Con los registros de mantenimiento que se le hacen a los equipos, identificar la cantidad de gas que se ha recargado y se asume que el dato de cantidad de gas fugado corresponde a la cantidad de gas que se recarga.

| Equipos | Capacidad (kg) | Gas refrigerante |
|----------------|-----------------------|-------------------------|
| 4 | 0,84 | R22 |

Tabla 5. Número de equipos recargados en el 2016.

El gas refrigerante R22 no tiene factor de emisión, por lo que se debe usar el GWP que permite convertir las emisiones de los diferentes gases a una medida común. El GWP para el R22 según la tabla del Quinto Reporte realizado por el IPPC (IPCC Fifth Assessment Report AR5) tiene un valor de 1760 (IPCC, 2014).

Alcance 2: Emisiones indirectas.

- **Consumo de energía eléctrica**

El consumo de electricidad de la Universidad se debe principalmente a alumbrado, climatización y uso de equipos. Esta información se encuentra disponible en los recibos mensuales de consumo de energía eléctrica.

| Consumo energía eléctrica | kWh |
|----------------------------------|------------|
| Total UL 2016 | 1265003 |

Tabla 6. Consumo total de energía eléctrica de la Universidad Libre sede Principal para el 2016.

El factor de emisión utilizado para la energía eléctrica proviene de la UPME, y tiene un valor de **0,199 Kg CO₂ / kWh** (FECOC, 2016).

Alcance 3: Otras emisiones indirectas.

- **Disposición de aguas residuales**

La información relativa a consumo de agua proviene de los recibos del Acueducto.

| Consumo de agua | m³ |
|------------------------|----------------------|
| Total UL 2016 | 32034,93 |

Tabla 7. Consumo total de agua potable en la Universidad Libre sede Principal para el 2016.

Para los cálculos de las emisiones que se generan a partir de la disposición de las aguas residuales, se toman en cuenta datos como: coeficiente de retorno, tomado de el RAS2000, la carga orgánica en kg de DQO/m³, el factor de emisión de metano en kg CH₄ / kg DBO, y el GWP del metano.

De acuerdo a esto, se tiene:

| Concepto | Valor | Unidad |
|------------------------|--------------|---------------|
| Coeficiente de retorno | 0,85 | |

| | | |
|-------------------|------|-----------------------------|
| Carga orgánica | 0,20 | kg de DQO/m ³ |
| Factor de emisión | 0,14 | kg CH ₄ / kg DQO |
| GWP | 28 | |

Tabla 8. Datos para el cálculo de las emisiones por disposición de aguas residuales.

- **Disposición de residuos sólidos**

Los residuos sólidos generados en la Universidad Libre sede Principal, están compuestos principalmente por residuos orgánicos, residuos de papel, cartón, periódico, chatarra, plástico y vidrio (Aguirre & Mozombite, 2017). Para la reducción en la generación de residuos, se implementan a cabo diferentes acciones las cuales consisten principalmente en la reutilización del papel y en la correcta separación de los residuos en la fuente.

| Generación de residuos | m³ | Densidad kg / m³ | kg de residuos generados |
|-------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Total UL 2016 | 1377 | 164,86 | 227060,6 |

Tabla 9. Volumen total de residuos generados en la Universidad Libre sede Principal para el 2016.

De este total, el 30,77% pertenece a residuos orgánicos y el 40,44% son residuos de papel, plegadiza y periódico. De estos residuos, que son llevados al relleno sanitario, estos generan emisiones de CH₄ en su descomposición. Siendo así, se usa el GWP del metano que es 28 (IPCC, 2014).

- **Movilidad de estudiantes hacia la Universidad**

Para el cálculo de las emisiones generadas a partir de la movilidad hacia la Universidad por parte de los estudiantes, se realiza una encuesta tanto por correo institucional como presencial a los estudiantes de todas las facultades. A partir de esta información, se halla el promedio de las emisiones que genera cada estudiante por día; así mismo, se tienen los registros del número de estudiantes por cada semestre del año para todas las facultades. Para obtener el cálculo de las emisiones por año, se multiplica el número de estudiantes, el promedio de emisiones y los días.

| Oferta académica | Periodo | Número de estudiantes |
|-------------------------|----------------|------------------------------|
| Pregrado | 2016-I | 7082 |
| Posgrado | 2016-I | 1597 |
| Pregrado | 2016-II | 5292 |
| Posgrado | 2016-II | 1573 |

Tabla 10. Número de estudiantes para pregrado y posgrado en el 2016.

- **Movilidad docentes y administrativos hacia la Universidad**

Las emisiones generadas a partir de la movilidad de los docentes y administrativos, se obtiene de igual manera como se obtuvo las emisiones de los estudiantes.

| Vínculo | Número de personas |
|-----------------|---------------------------|
| Administrativos | 316 |
| Docentes | 847 |

Tabla 11. Número de administrativos y docentes en el 2016.

- **Consumo de combustible rutas del colegio**

Para calcular las emisiones generadas a partir de las rutas del colegio, se obtuvo información a partir de encuestas que se realizaron a todos los conductores de las rutas. Con esta encuesta se obtuvieron datos de tipo de combustible usado y abastecimiento de los tanques a diario.

| Número de rutas 2016 | Tipo de combustible |
|-----------------------------|----------------------------|
| 63 | ACPM |

Tabla 12. Total de rutas del colegio y el tipo de combustible usado.

El factor de emisión para el ACPM, usado para estos cálculos es de 10,149 kg CO₂ / gal (FECOC, 2016).

6.1.5 Desarrollo de la calculadora

Parte fundamental del desarrollo del inventario para el año base de las emisiones de efecto invernadero de la Universidad Libre sede principal, es la entrega de la calculadora la cual permite cuantificar las emisiones de CO₂ que se generan a partir de las actividades contempladas dentro de cada uno de los alcances. Así mismo, permite la comparación entre los años en los que se realice nuevamente el cálculo de las emisiones.

Para el uso de esta calculadora, se entrega también el manual, que describe detalladamente cómo usarla y cómo obtener los datos.

- Presentación de la calculadora

La calculadora de las emisiones para la Universidad Libre está diseñada para el rápido acceso y digitación de los datos.

En la tabla de contenido se encuentra inicialmente el año base, cada uno de los alcances y también, las actividades de cada uno de estos. Para acceder rápida y fácilmente a estas hojas, se debe dar clic sobre el vínculo.

| | |
|---|--|
|  <p>INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO DE LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL.</p> |  <p>UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL</p> |
| INVENTARIO AÑO BASE (2016) | ALCANCES DEL INVENTARIO |
| 1. ALCANCE 1 | CUADRO 1. CONSUMNO DE GLP CUADRO 2. RECARGA DE EXTINTORES CUADRO 3. MOVILIDAD ACADÉMICA CUADRO 4. COMPOSTAJE DE RESIDUOS CUADRO 5. RECARGA DE GASES REFRIGERANTES CUADRO 6. TOTALES ALCANCE 1 |
| 2. ALCANCE 2 | CUADRO 7. CONSUMO DE ENERGÍA |
| 3. ALCANCE 3 | CUADRO 8. DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES CUADRO 9. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS CUADRO 10. MOVILIDAD DE ESTUDIANTES HACIA LA UNIVERSIDAD CUADRO 11. MOVILIDAD DE DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS HACIA LA UNIVERSIDAD CUADRO 12. CONSUMO DE COMBUSTIBLE RUTAS DEL COLEGIO CUADRO 13. TOTALES ALCANCE 3 |
| COMPARTACIÓN DE LOS 3 AÑOS | |

Ilustración 12. Tabla de contenido de la calculadora para el IGEI de la Universidad Libre sede Principal

A continuación, se encontrarán dos tablas más para los años 2017 y 2018.

| INVENTARIO AÑO 2017 | ALCANCES DEL INVENTARIO |
|----------------------------|--|
| <u>1. ALCANCE 1</u> | CUADRO 1. CONSUMNO DE GLP CUADRO 2. RECARGA DE EXTINTORES CUADRO 3. MOVILIDAD ACADÉMICA CUADRO 4. COMPOSTAJE DE RESIDUOS CUADRO 5. RECARGA DE GASES REFRIGERANTES CUADRO 6. TOTALES ALCANCE 1 |
| <u>2. ALCANCE 2</u> | CUADRO 7. CONSUMO DE ENERGÍA |
| <u>3. ALCANCE 3</u> | CUADRO 8. DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES CUADRO 9. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS CUADRO 10. MOVILIDAD DE ESTUDIANTES HACIA LA UNIVERSIDAD CUADRO 11. MOVILIDAD DE DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS HACIA LA UNIVERSIDAD CUADRO 12. CONSUMO DE COMBUSTIBLE RUTAS DEL COLEGIO CUADRO 13. TOTALES ALCANCE 3 |

Ilustración 13. Tabla de contenido para el inventario del año 2017.

| INVENTARIO AÑO 2018 | ALCANCES DEL INVENTARIO |
|----------------------------|--|
| <u>1. ALCANCE 1</u> | CUADRO 1. CONSUMNO DE GLP CUADRO 2. RECARGA DE EXTINTORES CUADRO 3. MOVILIDAD ACADÉMICA CUADRO 4. COMPOSTAJE DE RESIDUOS CUADRO 5. RECARGA DE GASES REFRIGERANTES CUADRO 6. TOTALES ALCANCE 1 |
| <u>2. ALCANCE 2</u> | CUADRO 7. CONSUMO DE ENERGÍA |
| <u>3. ALCANCE 3</u> | CUADRO 8. DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES CUADRO 9. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS CUADRO 10. MOVILIDAD DE ESTUDIANTES HACIA LA UNIVERSIDAD CUADRO 11. MOVILIDAD DE DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS HACIA LA UNIVERSIDAD CUADRO 12. CONSUMO DE COMBUSTIBLE RUTAS DEL COLEGIO CUADRO 13. TOTALES ALCANCE 3 |

Ilustración 14. Tabla de contenido para el inventario del año 2018.

- **Alcance 1**

Para el alcance 1, se presenta en la calculadora la hoja con todas las actividades dentro del marco de las emisiones directas. Para la Universidad Libre sede Principal, se identifican:

| Cuadro 1. CONSUMO DE GLP | | | | | | | |
|--------------------------|------------|---------------------|-------------------|----------------------|--------|----------------------------------|-----------------|
| Año | Mes | Consumo de GLP (Kg) | | | Total | Factor de Emisión (kg CO2/kgGLP) | Emisión KgCO2eq |
| | | Tanque de bosque | Cafeterías Bosque | Cafetería Candelaria | | | |
| 2016 | Enero | 190,9 | 340 | 88,2 | 619,1 | 3,012 | 1864,73 |
| 2016 | Febrero | 306,6 | 340 | 357,7 | 1004,3 | | 3024,95 |
| 2016 | Marzo | 115,7 | 340 | 353,8 | 809,5 | | 2438,21 |
| 2016 | Abril | 256,3 | 340 | 350,2 | 946,5 | | 2850,86 |
| 2016 | Mayo | 281,8 | 340 | 360,1 | 981,9 | | 2957,48 |
| 2016 | Junio | 316,6 | 340 | 189,6 | 846,2 | | 2548,60 |
| 2016 | Julio | 292,2 | 340 | 178,8 | 811,0 | | 2442,68 |
| 2016 | Agosto | 116,8 | 340 | 358,9 | 815,7 | | 2456,99 |
| 2016 | Septiembre | 317,0 | 340 | 350,7 | 1007,7 | | 3035,14 |
| 2016 | Octubre | 200,2 | 340 | 359,7 | 899,9 | | 2710,35 |
| 2016 | Noviembre | 141,2 | 340 | 168,9 | 650,1 | | 1958,00 |
| 2016 | Diciembre | 141,2 | 100 | 90,32 | 331,5 | | 998,44 |
| Totales | | 2676,3 | 3840,0 | 3206,92 | 9723,3 | 29286,44 | |

Ilustración 15. Tabla de consumo de GLP para el año 2016.

Donde los datos a ingresar son las cantidades de GLP (se pueden encontrar en el Manual para el mantenimiento del IGEI de la Universidad Libre sede Principal) consumidos al mes de todos los tanques de las instalaciones. El factor de emisión, en la calculadora está fijo, por lo que se hace la multiplicación directa para obtener como resultado, la emisión en kg CO₂.

Para la actividad de recarga de extintores, los datos son los provenientes del tipo de extintor, el peso y las unidades recargadas para cada agente extintor.

Las celdas que se encuentran vacías indican que no todos los agentes extintores tienen factor de emisión, sino que, tienen el GWP. Estos valores están predeterminados en la calculadora, por lo que dependiendo del tipo de agente extintor que se ingrese, automáticamente indica si tiene factor de emisión o GWP.

| Cuadro 2. RECARGA DE EXTINTORES | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|------------|------------------|----------|-----------|-------------------|-----|------------------------------|
| AÑO | Mes | Sede | Agente Extintor | Unidades | Peso (kg) | Factor de Emisión | GWP | Emisión kgCO ₂ eq |
| 2016 | Marzo | candelaria | Solkaflam | 1 | 3,7 | | 79 | 292,3 |
| 2016 | Abril | Bosque | Solkaflam | 11 | 3,7 | | 79 | 3215,3 |
| 2016 | Abril | Bosque | PQS | 45 | 7,5 | 0 | | 0 |
| 2016 | Abril | Bosque | CO ₂ | 6 | 10 | 1 | | 60 |
| 2016 | Mayo | candelaria | Solkaflam | 1 | 3,7 | | 79 | 292,3 |
| 2016 | Junio | Bosque | Solkaflam | 1 | 3,7 | | 79 | 292,3 |
| 2016 | Junio | Bosque | PQS | 8 | 7,5 | 0 | | 0 |
| 2016 | Junio | Bosque | H ₂ O | 2 | 9,5 | 0 | | 0 |
| 2016 | Julio | candelaria | Solkaflam | 13 | 3,7 | | 79 | 3799,9 |
| 2016 | Julio | candelaria | H ₂ O | 5 | 9,5 | 0 | | 0 |
| 2016 | Julio | candelaria | PQS | 22 | 5 | 0 | | 0 |
| 2016 | Julio | candelaria | CO ₂ | 1 | 7,5 | 1 | | 7,5 |
| 2016 | Agosto | candelaria | Solkaflam | 21 | 3,7 | | 79 | 6138,3 |
| 2016 | Agosto | candelaria | H ₂ O | 11 | 9,5 | 0 | | 0 |
| 2016 | Agosto | candelaria | PQS | 35 | 5 | 0 | | 0 |
| 2016 | Agosto | candelaria | PQS | 2 | 15 | 0 | | 0 |
| 2016 | Agosto | candelaria | PQS | 5 | 10 | 0 | | 0 |
| 2016 | Agosto | candelaria | CO ₂ | 9 | 7,5 | 1 | | 67,5 |
| 2016 | Septiembre | Bosque | PQS | 1 | 7,5 | 0 | | 0 |
| 2016 | Noviembre | Bosque | Solkaflam | 18 | 3,7 | | 79 | 5261,4 |
| 2016 | Noviembre | Bosque | PQS | 24 | 7,5 | 0 | | 0 |
| 2016 | Noviembre | Bosque | H ₂ O | 1 | 9,5 | 0 | | 0 |
| TOTAL | | | | | | | | 19426,8 |

Ilustración 16. Tabla de recarga de extintores para el año 2016.

En cuanto a la movilidad académica de estudiantes, docentes y administrativos, así como también las salidas de campo, se requieren los datos de número de personas, el vínculo con la universidad (estudiante, docente o administrativo), origen, destino, tipo de transporte (aéreo o terrestre) y los kilómetros recorridos.

Estos cálculos se realizan para cada una de las facultades de la Universidad y también se incluyen los viajes realizados en Bienestar Universitario. Al final, después de haber ingresado los datos, se muestra el total de emisiones que se generan a partir de esta actividad.

| CUADRO 3. MOVILIDAD ACADÉMICA | | | | | | | |
|--|---------------------|--------|---------|--------------------|------------|----------------------------|-------------------------|
| #De personas | Vínculo Universidad | Origen | Destino | Tipo de transporte | Kilómetros | Emisión (kg CO2eq/ Perona) | Emisión total(kg CO2eq) |
| FACULTAD DE INGENIERÍA | | | | | | | |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| TOTAL INGENIERÍA | | | | | | | #¡VALOR! |
| FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES | | | | | | | |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| | | | | | | | #¡VALOR! |
| TOTAL EMISIONES POR MOVILIDAD ACADÉMICA | | | | | | | 301561,97 |

Ilustración 17. Tabla de movilidad académica para el año 2016.

La siguiente actividad dentro del alcance 1, es el compostaje de residuos. Estos residuos son provenientes de las podas de los jardines, exceptuando el pasto, de tal manera que, únicamente se ingresan los datos de los m³ de residuos llevados a compostaje.

| CUIADRO 4. COMPOSTAJE DE RESIDUOS | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|---------------|------------------|---------------|--|------------------|
| AÑO | MES | Cantidad (m3) | Densidad (kg/m3) | Cantidad (kg) | Factor de Emisión (kgCO2eq/kg residuo) | Emisión kg CO2eq |
| 2016 | Enero | 10 | 184,04 | 1840,4 | 0,844 | 1553 |
| 2016 | Febrero | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| 2016 | Marzo | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| 2016 | Abril | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| 2016 | Mayo | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| 2016 | Junio | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| 2016 | Julio | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| 2016 | Agosto | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| 2016 | Septiembre | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| 2016 | Octubre | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| 2016 | Noviembre | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| 2016 | Diciembre | 10 | | 1840,4 | | 1553 |
| TOTALES | | 120 | | 22.085 | | 18640 |

Ilustración 18. Tabla de compostaje de residuos para el año 2016.

En cuanto a la recarga de los gases refrigerantes en los equipos de aire acondicionado, se ingresan los datos a partir de los registros de mantenimiento que se le realizan a estos equipos. Solamente se ingresan los datos de los equipos a los cuales se les realizó la recarga del gas. Para el año 2016, fueron 4 equipos a los cuales se les recargó el gas refrigerante R22.

| CUADRO 5. RECARGA DE GASES REFRIGERANTES (AIRES ACONDICIONADOS) | | | | | | |
|--|------------|-------------|----------|----------------|------|------------------------------|
| AÑO | MES | GAS REFRIG. | UNIDADES | CAPACIDAD (kg) | GWP | Emisión kgCO ₂ eq |
| 2016 | Septiembre | R22 | 3 | 0,84 | 1760 | 4435,2 |
| 2016 | Octubre | R22 | 1 | 0,84 | 1760 | 1478,4 |
| TOTALES | | | | 1,68 | | 5913,6 |

Ilustración 19. Tabla de recarga de gases refrigerante para aires acondicionados para el 2016.

- **Alcance 2**

Como se ha mencionado anteriormente, el alcance 2 encierra todo el consumo de energía. Por lo tanto, en la calculadora se ingresan los datos de la cantidad de kWh que hubo durante el año 2016.

En el Manual para la continuidad del IGEI de la Universidad Libre sede Principal, se explicar con detalle cómo debe ser la recolección e ingreso de la información del consumo de energía eléctrica.

| Cuadro 7. Consumo de Energía | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|---------------|------------|------------|------------|------------|---------|-------------------------|
| FECHA DE FACTURACIÓN | | CONSUMO (kWh) | | | | | | Factor de Emisión |
| AÑO | MES | Bosque | Contador 1 | Contador 2 | Contador 3 | Contador 4 | Total | KgCO ₂ / kWh |
| 2016 | enero | 83276 | 1133 | 749 | 446 | 2730 | 88334 | 0,199 |
| 2016 | febrero | 42814 | 983 | 1579 | 619 | 46740 | 92735 | |
| 2016 | marzo | 49864 | 1074 | 1345 | 690 | 45600 | 98573 | |
| 2016 | abril | 70528 | 1076 | 1535 | 739 | 41990 | 115868 | |
| 2016 | mayo | 69540 | 951 | 1495 | 951 | 43700 | 116637 | |
| 2016 | junio | 62130 | 871 | 1422 | 866 | 39900 | 105189 | |
| 2016 | julio | 46170 | 987 | 1381 | 848 | 42560 | 91946 | |
| 2016 | agosto | 65550 | 927 | 1532 | 1199 | 45790 | 114998 | |
| 2016 | septiembre | 70680 | 1369 | 1506 | 1168 | 48070 | 122793 | |
| 2016 | octubre | 73530 | 1007 | 1344 | 1039 | 41990 | 118910 | |
| 2016 | noviembre | 65550 | 928 | 1315 | 1167 | 36480 | 105440 | |
| 2016 | diciembre | 59850 | 736 | 1084 | 940 | 30970 | 93580 | |
| TOTALES | | 759482 | 12042 | 16287 | 10672 | 466520 | 1265003 | 251735,6 |

Ilustración 20. Tabla de consumo de energía eléctrica para el año 2016.

- **Alcance 3**

Dentro del alcance 3, se encuentran actividades sobre las cuales la Universidad no tiene control. Así mismo, entran las actividades las cuales se tienen información para poder calcular las emisiones.

Para la disposición de aguas residuales, se ingresa el consumo mes a mes de agua potable. Así mismo, se toma el coeficiente de retorno del RAS2000 y el DQO para aguas residuales domésticas de la resolución 631 del 2015.

| Cuadro 8. Disposición de aguas residuales | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|------------------------|------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------|-----|-----------------|
| FECHA DE FACTURACIÓN | | Consumo de Agua Potable (m3) | | | | | | | Coeficiente de retorno | Aguas Residuales | Carga orgánica (kg de DQO/m3) | Vertimiento (kg DQO) | FACTOR DE EMISIÓN (kg CH4/ Kg DBO) | EMISIÓN kg de CH4 | GWP | Emisión kgCO2eq |
| AÑO | MES | Bosque | Contador 1 | Contador 2 | Contador 3 | Contador 4 | Contador 5 | Total | | | | | | | | |
| 2016 | enero | 3804 | 4,0 | 8,7 | 5,7 | 0,3 | 8,3 | 3831,0 | 0,85 | 3256,35 | 0,20 | 651,27 | 0,14 | 93,78 | 28 | 2625,92 |
| 2016 | febrero | 3242 | 11,0 | 18,7 | 13,3 | 5,7 | 14,0 | 3304,7 | | 2808,97 | | 561,79 | | 80,90 | | 2265,15 |
| 2016 | marzo | 3097 | 7,0 | 10,0 | 7,7 | 5,3 | 5,7 | 3132,7 | | 2662,77 | | 532,55 | | 76,69 | | 2147,26 |
| 2016 | abril | 4079 | 14,3 | 29,3 | 18,0 | 7,7 | 26,3 | 4174,7 | | 3548,47 | | 709,69 | | 102,20 | | 2861,48 |
| 2016 | mayo | 2548 | 7,3 | 19,3 | 10,3 | 2,3 | 20,7 | 2608,0 | | 2216,80 | | 443,36 | | 63,84 | | 1787,63 |
| 2016 | junio | 2722 | 14,7 | 40,3 | 22,0 | 6,3 | 34,7 | 2840,0 | | 2414,00 | | 482,80 | | 69,52 | | 1946,65 |
| 2016 | julio | 2425 | 7,3 | 21,0 | 11,7 | 4,0 | 14,0 | 2483,0 | | 2110,55 | | 422,11 | | 60,78 | | 1701,95 |
| 2016 | agosto | 2047 | 15,3 | 39,7 | 20,7 | 6,0 | 27,3 | 2156,0 | | 1832,60 | | 366,52 | | 52,78 | | 1477,81 |
| 2016 | septiembre | 2425 | 8,0 | 18,7 | 9,0 | 5,0 | 13,3 | 2479,0 | | 2107,15 | | 421,43 | | 60,69 | | 1699,21 |
| 2016 | octubre | 1848 | 12,3 | 27,0 | 21,0 | 5,3 | 41,7 | 1955,3 | | 1662,03 | | 332,41 | | 47,87 | | 1340,26 |
| 2016 | noviembre | 1587 | 4,3 | 8,3 | 12,0 | 5,3 | 28,3 | 1645,3 | | 1398,51 | | 279,70 | | 40,28 | | 1127,75 |
| 2016 | diciembre | 1367 | 4,3 | 8,3 | 12,0 | 5,3 | 28,3 | 1425,3 | | 1211,51 | | 242,30 | | 34,89 | | 976,96 |
| Totales | | 31191 | 110,00 | 249,33 | 163,33 | 58,60 | 262,67 | 32034,93 | | 27229,69 | | 5445,94 | | 784,22 | | 21958,02 |

Ilustración 21. Tabla de disposición de aguas residuales para el año 2016.

En cuanto a la disposición de residuos sólidos, se tienen en cuenta la caracterización de los residuos realizada en el Sistema de Gestión Ambiental Académico – Administrativo Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos (Aguirre & Mozombite, 2017). La densidad fue calculada a partir del peso de varias bolsas que se envían al relleno sanitario Doña Juana.

| CUADRO 9. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS | | | | | | | | | | | |
|---|------------|-------------------------|------------|----------|-------------|---------------|--------------------|------------------|-------------------|-----|-----------------|
| FECHA DE FACTURACIÓN | | RESIDUOS GENERADOS (m3) | | | Densidad RS | Residuos (kg) | Residuos orgánicos | Papeles y Cartón | Emisión kg de CH4 | GWP | Emisión kgCO2eq |
| AÑO | MES | Bosque | Candelaria | Total | (kg/m3) | | | | | | |
| 2016 | enero | 114,9026 | 35,5 | 150,4026 | 164,86 | 24796 | 7629,76 | 10027,54 | 171849,40 | 28 | 4811783,229 |
| 2016 | febrero | 114,6473 | 35,5 | 150,1473 | | 24754 | 7616,81 | 10010,52 | 171557,70 | | 4803615,496 |
| 2016 | marzo | 112,9237 | 35,5 | 148,4237 | | 24470 | 7529,37 | 9895,61 | 169588,32 | | 4748472,901 |
| 2016 | abril | 57,3875 | 35,5 | 92,8875 | | 15314 | 4712,08 | 6192,94 | 106132,88 | | 2971720,666 |
| 2016 | mayo | 63,9411 | 35,5 | 99,4411 | | 16394 | 5044,54 | 6629,87 | 113621,00 | | 3181387,936 |
| 2016 | junio | 62,2133 | 35,5 | 97,7133 | | 16109 | 4956,89 | 6514,68 | 111646,82 | | 3126110,972 |
| 2016 | julio | 63,9411 | 35,5 | 99,4411 | | 16394 | 5044,54 | 6629,87 | 113621,00 | | 3181387,936 |
| 2016 | agosto | 67,6435 | 35,5 | 103,1435 | | 17005 | 5232,36 | 6876,72 | 117851,34 | | 3299837,659 |
| 2016 | septiembre | 69,865 | 35,5 | 105,365 | | 17371 | 5345,05 | 7024,83 | 120389,62 | | 3370909,412 |
| 2016 | octubre | 71,3459 | 35,5 | 106,8459 | | 17615 | 5420,18 | 7123,56 | 122081,69 | | 3418287,381 |
| 2016 | noviembre | 73,6908 | 35,5 | 109,1908 | | 18002 | 5539,13 | 7279,90 | 124760,97 | | 3493307,032 |
| 2016 | diciembre | 78,7508 | 35,5 | 114,2508 | | 18836 | 5795,82 | 7617,26 | 130542,50 | | 3655190,025 |
| TOTALES | | 951 | 426 | 1377 | | 227060,6 | 69866,5 | 91823,3 | 1573643,24 | | 44062010,64 |

Ilustración 22. Tabla de disposición de residuos sólidos para el año 2016.

La movilidad de los estudiantes, docentes y administrativos es parte fundamental de la huella de carbono de la Universidad. Esta se calcula a partir de la encuesta que se realiza a toda la comunidad Unilibrista; esta encuesta se realiza tanto presencial como virtual mediante el correo institucional.

| CUADRO 10. MOVILIDAD DE ESTUDIANTES HACIA LA UNIVERSIDAD | | | | | | |
|--|-------------|-----------|----------|-----------|--|------------------------------------|
| Facultad | ESTUDIANTES | | | | Emisión (kgCO ₂ *per /día) | Emisión (kgCO ₂ año) |
| | 2016-1 | | 2016-2 | | | |
| | Pregrado | Postgrado | Pregrado | Postgrado | | |
| Ciencias de la Educación | 1319 | 267 | 1340 | 186 | 0,81 | 184440,87 |
| Ciencias Económicas | 1131 | 219 | 1065 | 264 | 1,16 | 222525,58 |
| Derecho Calendario A | 2348 | 953 | 0 | 948 | 1,20 | 297620,11 |
| Derecho Calendario B | 0 | 0 | 784 | 0 | 1,05 | 65898,37 |
| Filosofía | 53 | 33 | 47 | 31 | 1,99 | 19952,83 |
| Ingeniería | 2231 | 125 | 2056 | 144 | 0,82 | 289072,78 |
| TOTAL | 7082 | 1597 | 5292 | 1573 | | 1079510,55 |

Ilustración 23. Tabla de movilidad de estudiantes hacia la Universidad.

| CUADRO 11. MOVILIDAD DOCENTES Y ADMINISTRATIVOS HACIA LA UNIVERSIDAD | | | |
|--|------------|--------------------------|---------------------|
| Vínculo Universitario | # personas | Emisión (kgCO2*per /día) | Emisión (kgCO2 año) |
| Administrativos | 316 | 1,39 | 96611,45 |
| Docentes | 847 | 2,39 | 444835,91 |
| TOTAL | 1163 | | 541447 |

Ilustración 24. Tabla de movilidad de docentes y administrativos hacia la Universidad.

Como última actividad contemplada dentro del alcance 3, se encuentra el consumo de combustible por parte de las rutas del colegio. Este dato se obtiene a partir de encuestas realizadas a los conductores, en donde se les pregunta la cantidad en pesos del combustible que usan diariamente.

[illegible]

| | | | | | | |
|---------|--------------|-----|-----|--------|----------|-----------|
| TOTALES | \$ 1.595.000 | 919 | 912 | 201,87 | 36337,17 | 368785,96 |
|---------|--------------|-----|-----|--------|----------|-----------|

6.1.3 Manual para el mantenimiento del IGEI de la Universidad Libre sede Principal

Junto con la calculadora, se entrega el manual para el mantenimiento del IGEI de la Universidad Libre sede Principal, en donde se encuentra descrito cómo obtener la información para las actividades de cada alcance, así como también las pautas para el ingreso de la información a la calculadora.

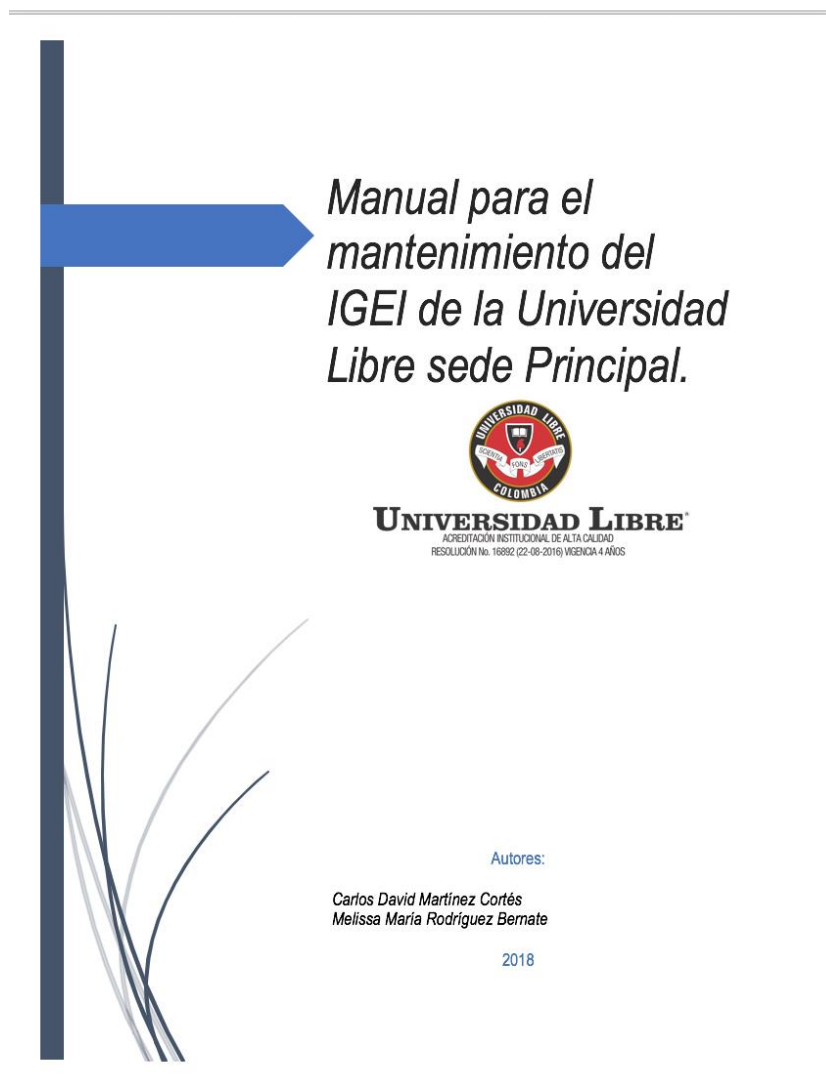



Ilustración 26. Portada del “Manual para el mantenimiento del IGEI de la Universidad Libre sede Principal.

El manual está dividido en dos secciones, la primera describe paso a paso cómo obtener la información de cada actividad dentro de cada alcance. La manera en la que se encuentra explicado es una manera sencilla y gráfica para poder mantener el IGEI de la Universidad Libre para los años siguientes.

| | | | |
|--|--------|------------------|--|
| MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE: EL INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI DE LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL | | |  UNIVERSIDAD LIBRE <small>ASOCIACIÓN INSTITUCIONAL DE CALIDAD REGISTRADA EN: 1992 (21 DE OCTUBRE) Y 1993</small> |
| VERSIÓN 01 | FECHA: | CÓDIGO: IGEI2016 | |

CONSUMO DE GLP

ESQUEMA PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DEL CONSUMO DE GLP PARA LAS CAFETERÍAS MAJAVITA DE LA SEDE BOSQUE POPULAR Y EL COLEGIO DE LA UNIVERSIDAD LIBRE

Para la recolección de información de consumo de GLP por parte de las cafeterías Majavita (**Bloque B y Bloque C y cafetería del Colegio**), dirigirse los primeros días de cada mes y solicitar amablemente la capacidad y el número de cilindros adquiridos.

El factor de emisión estará fijo en la calculadora, de tal manera que el cálculo solo se limite a multiplicar el factor de emisión por el total del consumo de gas.

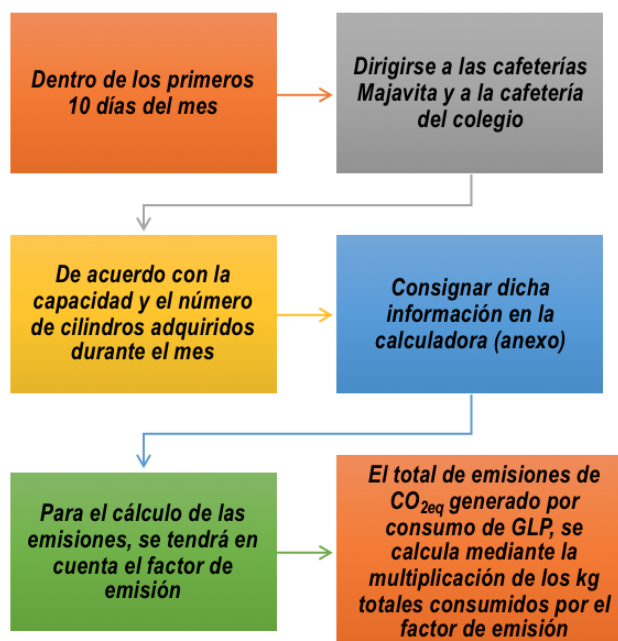



Ilustración 27. Procedimiento para la recolección de información de consumo de GLP en las cafeterías de la sede Bosque.

Como se observa, para cada una de las actividades, se tienen gráficos con el paso a paso para obtener la información y quién es el responsable.

Como segunda parte del manual, se describe cómo debe ser el ingreso de la información a la calculadora para cada una de las actividades de los alcances. Así mismo, se describen los cálculos adicionales que se deben realizar con algunos datos.

| | | | |
|--|--------|------------------|--|
| MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE: EL INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI DE LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL | | |  UNIVERSIDAD LIBRE <small>ASOCIACIÓN INSTITUCIONAL DE ALTA CALIDAD REGISTRADA, 1995 (CET-00-00000000-0000)</small> |
| VERSIÓN 01 | FECHA: | CÓDIGO: IGEI2016 | |

5. INGRESO DE LA INFORMACIÓN A LA CALCULADORA

Para el ingreso de la información se debe dirigir a la calculadora (Anexo), para la cual está diseñada la introducción de la información respecto a año 2017 y 2018. Las hojas de se encuentran tituladas "AI 1", "AI 2", "AI 3" para cada año que corresponden al alcance 1, 2 y 3, la hoja que se encuentra al final es la comparación de la huella de carbono de los 3 años.

CONSUMO DE GLP

Una vez recolectada la información se procede al ingreso de los datos en la calculadora:

1. Para el caso del tanque de la sede Bosque, se debe tener en cuenta el periodo en el que se llena ya que el consumo mensual va ser la cantidad cargada dividida en los meses en los que se gastó el combustible.
Ejemplo: El 10 de mayo se recargaron 281.2 kg de GLP y la anterior recarga se había realizado el 2 de abril, entonces se debe dividir en 2 la recarga realizada en el mes de mayo y el resultado obtenido sumar una parte a mayo y la otra en abril:

$$\text{entonces } \frac{281.2 \text{ kg}}{2} = 140.6 \text{ kg}$$

Para sumar en abril= 140.6kg

Para sumar en mayo= 140.6kg


Una vez teniendo estos cálculos se ingresan en las celdas correspondientes y la calculadora se encarga de realizar el cálculo de la emisión CO₂

2. Para el caso de las cafeterías presentes en la sede Bosque se debe registrar la capacidad de cada uno de los cilindros adquiridos por cada cafetería.
Ejemplo: La cafetería del C, colegio y Majavita compraron 2 cilindros de 100lb cada una en el mes de marzo, esta capacidad se debe convertir a kg y posteriormente ingresarlo a la calculadora.

Entonces, $600 \text{ lb } \frac{1 \text{ kg}}{2 \text{ lb}} = 300 \text{ kg}$ de GLP, este es el valor que debe ser registrado en la calculadora y ella se encarga de realizar el cálculo de la emisión CO₂

3. Para la cafetería de la sede Candelaria la cual cuenta con un tanque donde se realizar la recarga, se debe realizar las suma de la cantidad de kilogramos recargados en el mes en cuestión.
Ejemplo: 05 de marzo 90kg, 14 de marzo 87kg y 29 de marzo 95kg.
Entonces: $\sum \text{GLP Marzo} = 90+87+95=272 \text{ kg}$ de GLP, este debe ser el valor que se ingresa en la calculadora ella se encarga de realizar el cálculo de la emisión CO₂

Ilustración 28. Procedimiento para el ingreso de la información del consumo de GLP a la calculadora.

| | | | |
|--|--------|------------------|--|
| MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE: EL INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI DE LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL | | |  UNIVERSIDAD LIBRE <small>ASOCIACIÓN INSTITUCIONAL DE ALTA CALIDAD REGISTRADA EN: 1999 (21-09-1916) RESOLUCIÓN 4.480</small> |
| VERSIÓN 01 | FECHA: | CÓDIGO: IGEI2016 | |

Para realizar la sumatoria de todas las emisiones la calculadora suma la masa de GLP consumido cada mes y calcula la emisión de CO₂, multiplicando los valores los kg de GLP por el FE que está dado por la UPME.

| Cuadro 1. CONSUMO DE GLP | | | | | | | |
|--------------------------|------------|---------------------|-------------------|----------------------|-------|----------------------------------|-----------------|
| Año | Mes | Consumo de GLP (Kg) | | | Total | Factor de Emisión (kg CO2/kgGLP) | Emisión KgCO2eq |
| | | Tanque de bosque | Cafeterías Bosque | Cafetería Candelaria | | | |
| 2017 | Enero | 1 | 2 | 3 | 0,0 | 3,012 | 0,00 |
| 2017 | Febrero | | | | 0,0 | | 0,00 |
| 2017 | Marzo | | | | 0,0 | | 0,00 |
| 2017 | Abril | | | | 0,0 | | 0,00 |
| 2017 | Mayo | | | | 0,0 | | 0,00 |
| 2017 | Junio | | | | 0,0 | | 0,00 |
| 2017 | Julio | | | | 0,0 | | 0,00 |
| 2017 | Agosto | | | | 0,0 | | 0,00 |
| 2017 | Septiembre | | | | 0,0 | | 0,00 |
| 2017 | Octubre | | | | 0,0 | | 0,00 |
| 2017 | Noviembre | | | | 0,0 | | 0,00 |
| 2017 | Diciembre | | | | 0,0 | | 0,00 |
| Totales | | 0,0 | 0,0 | 0 | 0,0 | | 0,00 |

Figura 1. Cuadro de ingreso de datos del consumo de GLP.

Ilustración 29. Explicación para el ingreso de información de consumo de GLP a la calculadora.

7. RESULTADOS

7.1 CÁLCULO DE LAS EMISIONES

Como bien se mencionó anteriormente, para el desarrollo del IGEI de la Universidad Libre Sede Principal, se adaptaron los cálculos de las emisiones en función de los datos disponibles para cada una de las actividades identificadas.

La base metodológica general para calcular las emisiones es consistente para cada una de las actividades, aplicando la siguiente fórmula:

$$Emisiones (Ton CO_2) = actividad * factor de emisión$$

A través de los factores de emisión, se convierten los datos de las actividades a emisiones de dióxido de carbono equivalente emitido a la atmósfera.

Por ejemplo:

El cálculo de las emisiones correspondientes al consumo de GLP se tiene:

$$Emisiones (kg CO_2) = 9723,3 \text{ kg GLP} * 3,012 \frac{kg CO_2}{kg GLP}$$

$$Emisiones (kg CO_2) = 29286,44$$

En las tablas a continuación se presentan los resultados de los cálculos.

7.1.1 Alcance 1. Emisiones directas

| Fuente de emisión | | Dato 2016 (kg) | | Factor de emisión o GWP | Emisiones CO₂ (kg CO₂) | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------------------|---|------------|-------|
| Consumo de combustibles | GLP | Bosque | Candelaria | 3,012 kg CO ₂ / kg GLP | Bosque | Candelaria | Total |
| | | 6516 | 3207 | | 19627 | 9659 | 29286 |
| Consumo de agentes extintores | Recarga de extintores Solkaflam | 11,1 | 14,8 | 79 | 8769 | 10523 | 19427 |
| | Recarga de extintores CO ₂ | 10 | 15 | 1 | 60 | 75 | |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|-------|------|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Gases fluorados climatización | Consumo de gas refrigerante R-22 | 0,84 | 2,52 | 1760 | 1478 | 4435 | 5914 |
| Compostaje | Compostaje | 22085 | 0 | 0,844 kg CO ₂ / kg residuo | 18640 | 0 | 18640 |
| Movilidad académica | Viajes aéreos y/o terrestres | | | | 200793 | 100769 | 301562 |
| | Total emisiones alcance 1 (kg CO₂) | | | | 249367 | 125461 | 374829 |

Tabla 13. Resultados de los cálculos de las emisiones para alcance 1.

7.1.2 Alcance 2. Emisiones indirectas

| Fuente de emisión | Dato 2016 (kWh) | | Factor de emisión o GWP | Emisiones CO₂ (kg CO₂) | | |
|-------------------------------------|--|------------|--------------------------------|---|------------|---------------|
| | Bosque | Candelaria | | Bosque | Candelaria | Total |
| Consumo de energía eléctrica | 759482 | 505521 | 0,199 kg CO ₂ / kWh | 151137 | 100599 | 251736 |
| | Total emisiones alcance 2 (kg CO₂) | | | | | 251736 |

Tabla 14. Resultados de los cálculos de las emisiones para alcance 2.

7.1.3 Alcance 3. Otras emisiones indirectas

| Fuente de emisión | | Dato 2016 | | Factor de emisión o GWP | Emisiones CO₂ (kg CO₂) | | |
|--------------------------------|---|------------------|------------|----------------------------------|---|------------|----------|
| | | Bosque | Candelaria | | Bosque | Candelaria | Total |
| Consumo de agua potable | Disposición de aguas residuales (m ³) | 26512 | 717 | 0,14 kg CH ₄ / kg DBO | 21380 | 578 | 21958 |
| Residuos | Generación de residuos (kg) | 156828 | 70232 | 28 | 30433126 | 13628884 | 44062011 |

| | | | | | | | |
|---|----------------------------|----------|---------|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Movilidad | Estudiantes | 11131 | 4413 | | 773033 | 306477 | 1079511 |
| | Docentes y administrativos | 1163 | | | 541447 | | 541447 |
| Transportes estudiantes | Rutas del colegio | 63 Rutas | 0 Rutas | 10,149 kg CO ₂ / gal ACPM | 368786 | 0 | 368786 |
| Total emisiones alcance 3 (kg CO2) | | | | | 32137773 | 13935940 | 46073713 |

Tabla 15. Resultados de los cálculos de las emisiones para alcance 3.

Para cálculo de las emisiones generadas a partir de la disposición de aguas residuales, se toman las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. En el volumen 5 de desechos, se encuentra el tratamiento y eliminación de aguas residuales en donde se encuentran las ecuaciones para estimar las emisiones de CH₄ derivadas de aguas servidas domésticas.

Siendo así, se toma el total del consumo de agua potable para la Universidad Libre sede Principal.

$$\text{Aguas residuales} = \text{total consumo (m}^3\text{)} * \text{coeficiente de retorno}$$

$$\text{Aguas residuales} = 32034,93 \text{ m}^3 * 0,85$$

$$\text{Aguas residuales} = 27229,69 \text{ m}^3$$

Obteniendo este resultado, y debido a que no se ha realizado una caracterización de las aguas residuales de la Universidad, el valor de la demanda química de oxígeno (DQO) se toma como el máximo permisible para aguas residuales domésticas según la resolución 631 del 2015.

Por lo tanto, se tiene que:

$$\text{Vertimiento} = \text{aguas residuales} * DQO$$

$$\text{Vertimiento} = 27229,69 \text{ m}^3 * 0,20 \frac{\text{kg DQO}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Vertimiento} = 5445,94 \text{ kg DQO}$$

Teniendo la cantidad de vertimientos, se multiplican por el factor de emisión y se obtiene la cantidad de emisiones de CH₄ por la disposición de aguas residuales.

$$\text{Emisiones CH}_4 = \text{vertimientos (kg DQO)} * \text{factor de emisión} \left(\frac{\text{kg CH}_4}{\text{kg DQO}} \right)$$

$$\text{Emisiones CH}_4 = 5445,94 \text{ kg DQO} * 0,14 \frac{\text{kg CH}_4}{\text{kg DQO}}$$

$$\text{Emisiones CH}_4 = 784,22 \text{ kg CH}_4$$

Finalmente, para obtener la cantidad de emisiones de CO₂ generadas a partir de la disposición de aguas residuales, se toma la cantidad de emisiones de CH₄ y se multiplica por el GWP del metano.

$$\text{Emisiones CO}_2 = \text{emisiones CH}_4 * \text{GWP del CH}_4$$

$$\text{Emisiones kg CO}_2 = 784,22 \text{ kg CH}_4 * 28$$

$$\text{Emisiones kg CO}_2 = 21958,02 \text{ kg CO}_2$$

Para el cálculo de las emisiones generadas a partir de la disposición de residuos sólidos, para el caso de la sede Bosque se toma la cantidad facturada en m³ en los recibos del agua. Para la sede Candelaria, al no tener los valores de generación de residuos sólidos, se hace una estimación con referencia a los datos de la sede Bosque, de tal manera que:

Total de residuos producidos en el 2016 en la sede Bosque es de 951,253 m³

Total de estudiantes 2016 sede Bosque 10710

Total de estudiantes 2016 sede Candelaria 4796

$$\text{Residuos generados en sede Candelaria} = \frac{951,253 \frac{m^3}{año}}{10710 \text{ estudiantes}} * 4796 \text{ estudiantes}$$

$$\text{Residuos generados en sede Candelaria} = 425,98 \frac{m^3}{año}$$

Con este resultado, se obtiene el valor generado mes a mes.

$$\text{Residuos generados mes a mes sede Candelaria} = 425,98 \frac{m^3}{año} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}}$$

$$\text{Residuos generados mes a mes sede Candelaria} = 35,498 \frac{m^3}{mes} \approx 35,5 \frac{m^3}{mes}$$

Con estos resultados, y la metodología presentada en el capítulo 3 de la misma directriz del IPCC, con relación a la eliminación de desechos sólidos, se calculan las emisiones generadas a partir de la disposición de los residuos sólidos en relleno sanitario.

$$\text{Total de residuos (kg)} = \text{total de residuos } m^3 * \text{densidad de los residuos}$$

$$\text{Total de residuos (kg)} = 1377 m^3 * 164,86 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{Total de residuos (kg)} = 227060,6 \text{ kg}$$

La densidad utilizada para estos cálculos se obtuvo mediante el pesaje de varias bolsas que se llevan al relleno sanitario.

Según la caracterización realizada, para el año 2016, del total de residuos generados el 30,77% son residuos orgánicos y el 40,44% son residuos de papel, cartón y sus derivados.

Debido a que los residuos orgánicos y los residuos de papel generan emisiones de CH₄ cuando son llevados a relleno sanitario, a partir de estos, se calculan las emisiones para la Universidad Libre sede Principal.

Inicialmente, para calcular las emisiones generadas a partir de los residuos orgánicos, se toma el total de estos residuos y se aplica la fórmula para obtener el COD disuelto.

$$DDOC_m = W * DOC * DOC_f * MCF$$

Donde:

W es la masa de los desechos depositados,

DOC es el carbono orgánico degradable durante el año de deposición,

DOC_f es la fracción del DDOC que puede descomponerse,

MCF es el factor de corrección de CH₄ para descomposición aeróbica

Dentro del capítulo 2, Datos de generación, composición y gestión de desechos, se encuentran los datos para cada tipo de desechos. Por lo tanto, para los desechos orgánicos, se tiene:

| CUADRO 2.4 VALORES POR DEFECTO PARA CONTENIDOS DE MATERIA SECA, DOC, TOTAL DE CARBONO Y FRACCIÓN DE CARBONO FÓSIL EN VARIOS COMPONENTES DE DSM | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------|---|--------------------|---------------------------------------|---------|---|----------|
| Componente de DSM | Contenido de materia seca en % del peso húmedo ¹ | Contenido de DOC en % de desechos húmedos | | Contenido de DOC en % de desechos secos | | Contenido total en % del peso en seco | | Fracción de carbono fósil en % del total de carbono | |
| | | Por defecto | Rango | Por defecto | Rango ² | Por defecto | Rango | Por defecto | Rango |
| Papel/cartón | 90 | 40 | 36 - 45 | 44 | 40 - 50 | 46 | 42 - 50 | 1 | 0 - 5 |
| Textiles ³ | 80 | 24 | 20 - 40 | 30 | 25 - 50 | 50 | 25 - 50 | 20 | 0 - 50 |
| Desechos de alimentos | 40 | 15 | 8 - 20 | 38 | 20 - 50 | 38 | 20 - 50 | - | - |
| Madera | 85 ⁴ | 43 | 39 - 46 | 50 | 46 - 54 | 50 | 46 - 54 | - | - |
| Desechos de jardines y parques | 40 | 20 | 18 - 22 | 49 | 45 - 55 | 49 | 45 - 55 | 0 | 0 |
| Pañales | 40 | 24 | 18 - 32 | 60 | 44 - 80 | 70 | 54 - 90 | 10 | 10 |
| Caucho y cuero | 84 | (39) ⁵ | (39) ⁵ | (47) ⁵ | (47) ⁵ | 67 | 67 | 20 | 20 |
| Plásticos | 100 | - | - | - | - | 75 | 67 - 85 | 100 | 95 - 100 |
| Metal ⁶ | 100 | - | - | - | - | ND | ND | ND | ND |
| Vidrio ⁶ | 100 | - | - | - | - | ND | ND | ND | ND |
| Otros, desechos inertes | 90 | - | - | - | - | 3 | 0 - 5 | 100 | 50 - 100 |

Ilustración 30. Valores por defecto para desechos sólidos.

$$W = 69866,5 \text{ kg}$$

$$DOC = 15$$

$$DOC_f = 0,5$$

$$MCF = 1$$

Aplicando la fórmula para obtener el DOC disuelto, se tiene:

$$DDOC_m = 69866,5 \text{ kg} * 15 * 0,5 * 1$$

$$\mathbf{DDOC_m = 523999,016 \text{ kg}}$$

Seguido de esto, se calcula el potencial de generación de CH₄ que tiene como fórmula:

$$L_0 = DDOC_m * F * \frac{16}{12}$$

Donde; F es la fracción de CH₄ en el gas de vertedero generado
16/12 es el cociente de pesos moleculares

Aplicando la fórmula con los datos, se obtiene:

$$L_0 = 523999,16 \text{ kg} * 0,5 * \frac{16}{12}$$

$$\mathbf{L_0 = 349332,677 \text{ kg CH}_4}$$

Para los residuos de papel, cartón y derivados, se aplica la misma metodología. A partir de esta, se obtiene:

$$DDOC_m = 1836465,84 \text{ kg}$$

$$\mathbf{L_0 = 1224310,56 \text{ kg CH}_4}$$

Finalmente, para obtener el total de las emisiones de metano por disposición de residuos sólidos, se aplica la siguiente fórmula:

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left[\sum_x CH_4\ generado_{x,T} - R_T \right] \bullet (1 - OX_T)$$

Ilustración 31. Fórmula para calcular las emisiones de CH₄ provenientes de la disposición de residuos sólidos.

En donde; T es el año del inventario,

X es la categoría o tipo del desecho,

R_T es el CH₄ recuperado durante el año (se toma cero debido a que no se hace recuperación de metano),

OX_T es el factor de oxidación durante el año T

$$Emisiones\ de\ CH_4 = 1573643,24\ kg\ CH_4 * (1 - 0,5^{25})$$

$$Emisiones\ de\ CH_4 = 1573643,24\ kg$$

Para obtener el resultado en emisiones de CO₂, se multiplica el valor del metano por su GWP.

$$Emisiones\ kg\ CO_2 = 1573643,24\ kg\ CH_4 * 28$$

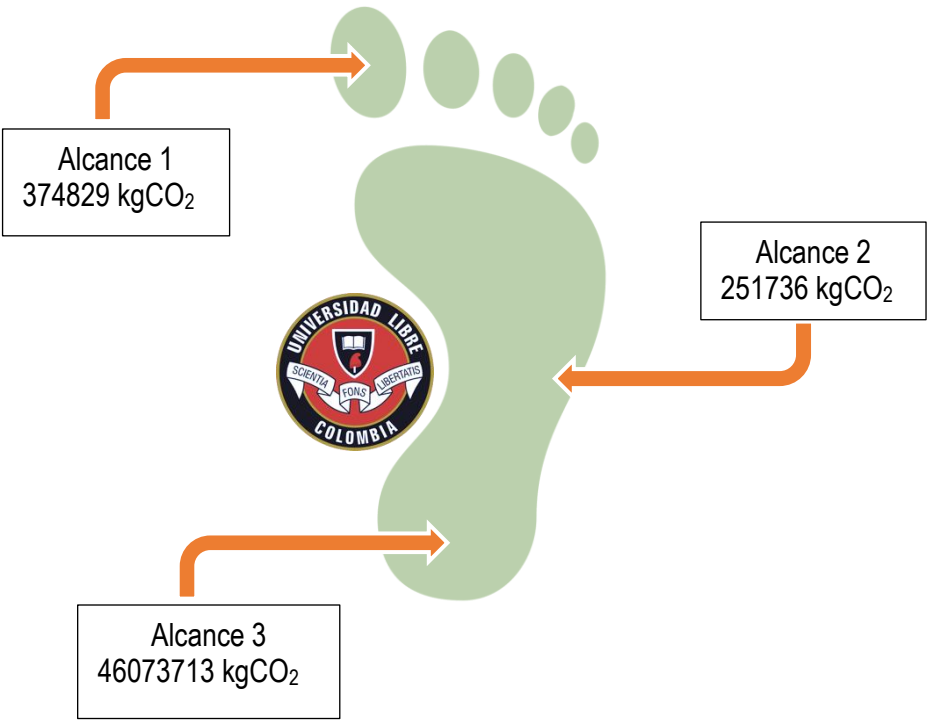
$$Emisiones\ kg\ CO_2 = 44062010,64$$

7.2 RESUMEN DE RESULTADOS DE EMISIONES DE CO₂ EN EL AÑO 2016.

A continuación, se presenta la distribución de las emisiones en kilogramos de CO₂ por alcance.

| Emisiones | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Emisiones directas | 374829 kg CO ₂ |
| 2. Emisiones indirectas | 251736 kg CO ₂ |
| 3. Otras emisiones indirectas | 46073713 kg CO ₂ |
| Emisiones totales | 46700277 kg CO₂ |

Tabla 16. Total de emisiones generadas en el año 2016.



7.3CONTRIBUCIÓN DE EMISIONES POR ACTIVIDADES

A continuación, se muestra la contribución de las actividades en cada uno de los alcances para una mayor comprensión de los valores.

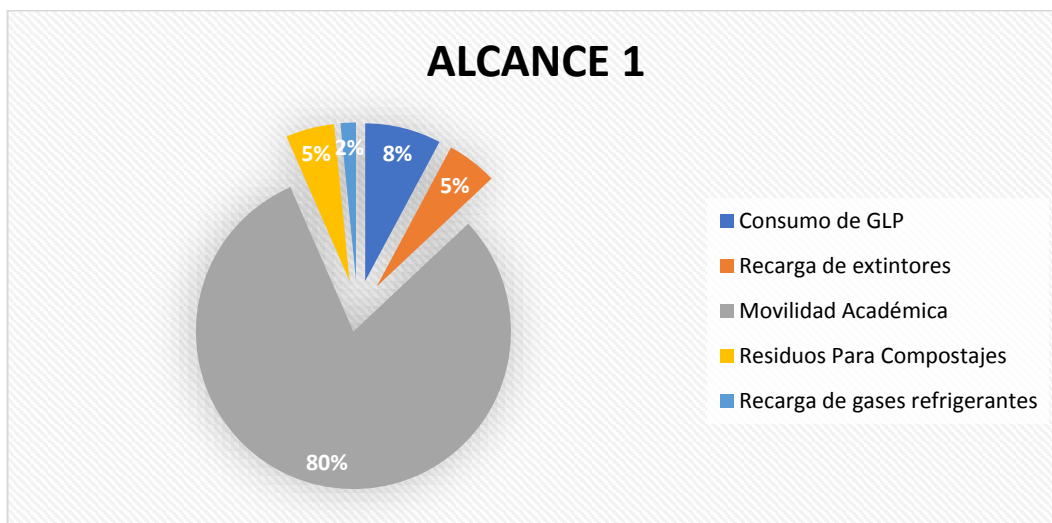


Ilustración 32. Contribución de las actividades dentro del alcance 1.

Para el alcance 2, se muestra el aporte de emisiones de CO₂ por mes por consumo de energía eléctrica.

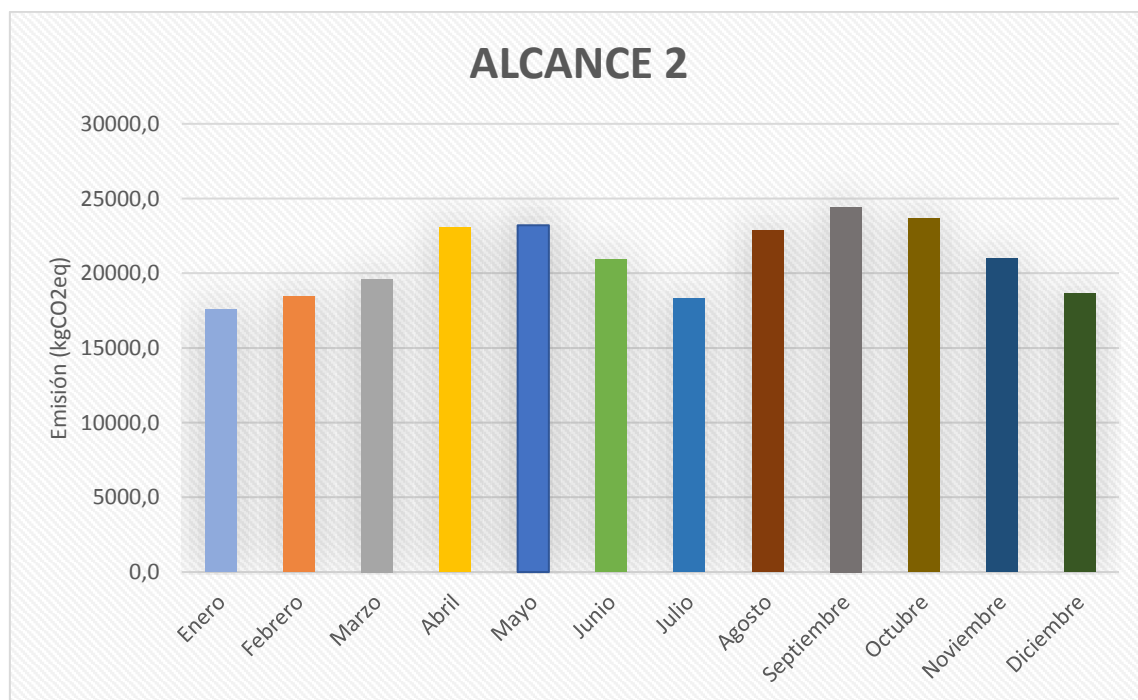


Ilustración 33. Contribución de emisiones de CO₂ por mes generadas por consumo de energía eléctrica.

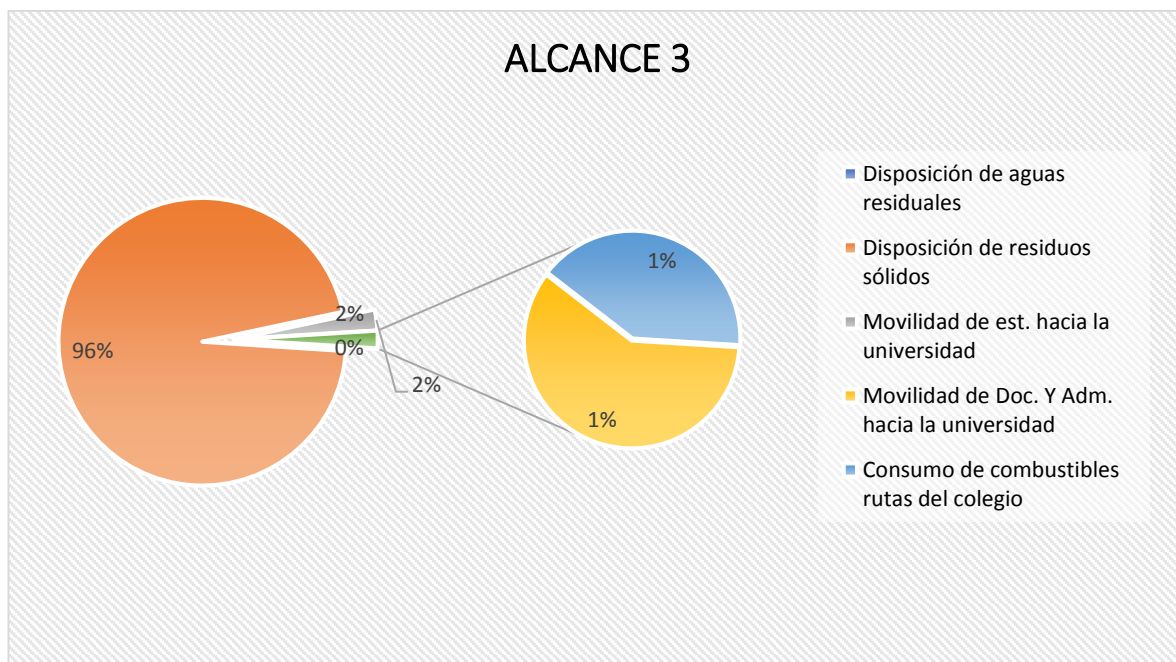


Ilustración 34. Contribución de las actividades para alcance 3.

7.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- El 98,66% del total de las emisiones de la Universidad Libre está ligado a emisiones indirectas (alcance 3); del cual 95,63% corresponde a emisiones por disposición de residuos sólidos en el relleno sanitario.
- El mayor generador de emisiones de CO₂Eq corresponde a la disposición de residuos sólidos ya que del total de emisiones el 94.35% pertenecen a esta actividad.
- Los alcances 1 y 2 representan menos del 2% de las emisiones totales en la universidad; por lo tanto, las estrategias de mitigación de las emisiones deben enfocarse en el alcance 3.
- La intensidad per cápita o huella de carbono por cada estudiante matriculado para el año base es de 3004 kg de CO₂eq.

8. ESTRATEGIAS PARA LA MITIGACIÓN DE EMISIONES

De acuerdo a lo pactado en la Convención Marco de Naciones Unidas, las emisiones de gases de efecto invernadero se pueden reducir o limitar mediante la aplicación de políticas, estrategias y acciones. Por su parte, el IPCC define la mitigación como la intervención que se realiza para intervenir las fuentes que generan emisiones de GEI o mejorar los sumideros para contribuir a la reducción de CO₂ presente en la atmósfera (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

Como objetivo de este proyecto, se proponen alternativas de mitigación para que sean consideradas por las partes interesadas. Estas alternativas son planteadas de acuerdo a la situación actual de la Universidad Libre sede Principal, tomando como referencia y comparación las acciones que se han tomado en las diferentes universidades las cuales hicieron su reporte de gases de efecto invernadero.

8.1 MATRIZ DE MEDIDAS TOMADAS EN OTRAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

Las universidades las cuales tienen reportada su huella de carbono y cuáles son sus acciones para mitigarlas y compensarlas, se tomaron en cuenta universidades como La Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales la cual reportó su huella de carbono para el año 2015 y presenta estrategias de mitigación para el campus norte y sur, La Universidad Sergio Arboleda que reporta sus emisiones de CO₂ para el año 2014, La Universidad Tecnológica de Pereira la cual realiza el reporte de sus emisiones para el año 2016 y La Universidad Industrial de Santander, que cuantificó las emisiones generadas en el año 2011. A partir de dichos reportes, se desarrolló una matriz en donde se describen las acciones de mitigación y/o compensación de cada una de estas universidades para tener como referencia las acciones propuesta por cada una de estas instituciones.

| UNIVERSIDAD | ALCANCE | MEDIDAS DE COMPENSACIÓN / MITIGACIÓN |
|---|---------|---|
| Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales | 2 | <p>Realizar limpieza periódica externa e interna de los equipos. Hacer un diagnóstico de la cantidad y estado de los equipos, en seguida crear un manual enfocado a buenas prácticas operacionales y de mantenimiento para los equipos, y llevar a cabo prácticas como, controlar y medir la calidad del consumo energético, generar en los usuarios la cultura de apagar el ordenador durante los períodos de comida o equivalentes, o si se van a ausentar por periodos de tiempo largos, como reuniones o similares; configurar adecuadamente el modo de ahorro de energía para su activación después de cierto tiempo de inactividad.</p> |
| | | <p>Adquisición de productos eléctricos certificados con Energy Star. La estrategia estaría orientada a la compra y renovación de aparatos electrónicos para garantizar que la totalidad de los equipos cuenten con la certificación Energy Star, programa creado para promover los productos eléctricos con consumo eficiente de electricidad, reduciendo de esta forma las emisiones de GEI.</p> |
| | | <p>Instalación de sensores de presencia y movimiento en las áreas administrativas y zonas comunes. La estrategia está orientada a la instalación de sensores de luz del día que encienden las luminarias exactamente cuando la luz natural resulta insuficiente y sensores de movimiento en áreas de actividad no lineal, donde la iluminación puede ser regulada la mayor parte del tiempo; estos ahorros energéticos contribuirían significativamente a la reducción de la huella de carbono.</p> |
| | | <p>Iniciar campañas de concientización para el ahorro y uso eficiente de la energía. El programa de ahorro y uso eficiente de la energía busca una reducción en el consumo así como evitar el uso irracional de la electricidad, a través de la</p> |

| | | |
|--|---------|--|
| | | concientización y el direccionamiento de acciones puntuales que se pueden aplicar tanto en la oficina como en el hogar. |
| | | Sustitución de luminarias. En esta medida se propone el reemplazo o sustitución de las luminarias fluorescentes T8 de 120cm que consumen 59 W por luminarias LED T8 de 120cm que consumen 10W. |
| | 1,2 y 3 | Compensación por siembra de plantas nativas. carbano neutralidad , este hace referencia al balance de emisiones, es decir que una organización compensa el total de emisiones hechas. |
| | 3 | Incentivar el carpooling . Es una estrategia que busca fomentar el uso del carro compartido. El carpooling genera una serie de beneficios, a nivel ambiental ayuda en la reducción de las emisiones de GEI y reduce los niveles de contaminación atmosférica; a la vez la estrategia permite mejorar la movilidad de los usuarios, generar un ahorro monetario para sus usuarios, reducir tiempos de viaje y disminuir la cantidad de vehículos en circulación; a la Universidad le traería beneficios como disminuir la demanda en los parqueaderos y mejorar la imagen de la institución. |
| | | Incentivar el uso de la bicicleta como medio de transporte alternativo. como el mejoramiento de estacionamientos para bicicletas. Para mejorar el incentivo del uso de la bicicleta, por un lado, se pueden generar campañas de divulgación y educación para cambiar hábitos en la comunidad universitaria, y por otro lado se puede crear un programa de caravanas, en donde se diseñen rutas y horarios de llegada a la universidad y salida de la misma y puntos de encuentro, así se puede incrementar el número de personas que usen bicicleta, y también aumenta la percepción de seguridad. |

| | | |
|------------------------------------|---------|--|
| | | <p>Iniciar campañas de concientización para el ahorro y uso eficiente del papel. El programa de ahorro y uso eficiente de papel busca evitar el desperdicio a través de la concientización y el direccionamiento de acciones puntuales que se pueden aplicar tanto en la oficina como en el hogar.</p> |
| Universidad Sergio Arboleda | 1 | Hacer capacitaciones para el uso racional del gas. |
| | | Comprobar la eficiencia de los quemadores y sistemas de estufas de las cafeterías. |
| | | Realizar reuniones telefónicas, teleconferencias o vía internet para reducir la cantidad de desplazamientos en avión. |
| | 2 | Aprovechar al máximo la luz natural. |
| | | Cambiar los bombillos tradicionales por bombillos LED. |
| | | Instalación de sensores de movimiento en zonas comunes y áreas administrativas. |
| | | Apagar los computadores que no se estén utilizando. |
| | 3 | Incentivar el uso de medios de transporte no contaminantes. |
| | | Promover el uso de transportes compartidos. |
| | 1,2 y 3 | Las emisiones que no se pueden reducir por actividades fundamentales deberían ser compensadas, esto se puede lograr mediante la compra de certificados de carbono provenientes del sector forestal. |
| Universidad Tecnológica de Pereira | 2 | <p>Campañas de concientización sobre el ahorro de energía. Se deben realizar campañas educativas dirigidas a todos los sectores sociales dentro del campus (estudiantes, docentes, administrativos, otros) para que desde cada individuo nazca la conciencia del ahorro energético y se ahonde en la responsabilidad tanto individual como colectiva con el planeta y los recursos naturales. Estas campañas deben ir acompañadas de datos reales sobre el cambio climático, respaldados científicamente, de manera que sea claro el papel que se juega dentro de la problemática global y como los cambios a nivel</p> |

| | | |
|--|---------|---|
| | | local son esenciales para mitigar el enorme impacto asociado al consumo energético y uso de combustibles fósiles. |
| | | Aprovechamiento de la luz natural. |
| | | Bombillas y lámparas de bajo consumo. |
| | | Controles de encendido y apagado. |
| | | Adaptación de las bombillas y lámparas a las necesidades específicas de iluminación a cada espacio. |
| | | Uso de energías renovables dentro de las instalaciones de la Universidad. |
| | 3 | Educación ambiental y concientización para el ahorro del agua. |
| | | Instalación de medidores por edificio y por dependencia. |
| | | Medir el consumo individual y colectivo del campus. |
| | | Tecnologías sanitarias eficientes. |
| | | Aprovechamiento de aguas lluvias. |
| | | Plan de movilidad sostenible. |
| | | Fomentar el uso de la bicicleta. |
| | | Uso compartido del móvil. |
| | | Vehículos oficiales con combustibles alternativos. |
| | | Impulsar proyectos de investigación sobre tecnologías limpias en motores y carburadores. |
| | | Indicadores de contaminación. |
| | | Creación de grupos y rutas para la movilidad en bicicleta. |
| | | Fortalecer las campañas de reciclaje dentro del campus. |
| | | Formulación de programas de reciclaje y disminución del consumo del papel. |
| | | Cambios en los procesos actuales por parte de la comunidad universitaria. |
| | 1,2 y 3 | Adaptación de tecnologías eficientes a las edificaciones. |
| | | Criterios bioclimáticos en los diseños de las próximas estructuras. |
| | | Aumento en la cantidad de bebederos dentro del campus para disminuir la compra de agua embotellada. |

| | | |
|-------------------------------------|---------|--|
| Universidad Industrial de Santander | 3 | Adelantar campañas de reciclaje de papel dentro de las instalaciones de la universidad. |
| | | Realizar campañas de concientización para la adecuada separación de residuos en la fuente, para disminuir la cantidad de residuos enviados a relleno sanitario. |
| | | Incentivar el uso de carro compartido, creando rutas para recoger compañeros. |
| | 2 | Campañas de concientización para el uso y ahorro de aires acondicionados. |
| | | Sectorizar las luminarias por cubículos o puestos de trabajo para evitar desperdicios de luz en zonas donde no se requiere. |
| | | Mejor manejo de las máquinas y equipos que se encuentran dentro de los laboratorios. |
| | 1 | Plantear programas de control de emisiones de gases vehiculares (revisión tecnicomecánica) de los automotores que están controlados por la institución que tengan 5 años o más de uso. |
| | | Usar mecanismos que permitan las comunicaciones con otros lugares, para evitar el uso excesivo de viajes aéreos. |
| | 1,2 y 3 | Bio-fijación de CO2 mediante microalgas, puesto que tienen mayor capacidad de asimilar el dióxido de carbono y obtener biomasa proveniente del mismo cultivo. |
| | | Sembrar árboles nativos de la zona para compensar las emisiones y también para la recuperación de la biodiversidad en zonas degradadas. |

Tabla 17. Matriz de acciones de mitigación y/o compensación de otras instituciones de educación superior.

8.2 ACCIONES DE MITIGACIÓN Y/O COMPENSACIÓN PROPUESTAS PARA LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL.

Las acciones propuestas para mitigar y/o compensar las emisiones totales de CO₂ que se emitieron durante el año 2016, se plantearon a partir de las acciones que fueron propuestas en los diferentes casos que se tuvieron en cuenta.

Las acciones planteadas, se adaptaron a las condiciones actuales de la Universidad Libre sede Principal, de tal manera que las estimaciones tanto de reducción y de costos, están dentro del marco de posibilidades de la institución.

Así mismo, se hizo una priorización de las acciones que son más viables y fácilmente de implementar, además de que representan una alta tasa de reducción del total de las emisiones.

Medidas de compensación / mitigación para la Universidad Libre sede Principal.

| ALCANCE | ACCIONES PLANTEADAS | POTENCIAL DE REDUCCIÓN | INVERSIÓN ESTIMADA | COMENTARIOS |
|----------------|---|--|---------------------------|--|
| 1 | Asegurar que en lo posible, el agente de cada extitor sea agente limpio. | Es ideal que todos los extintores sean recargados con agentes que no generen emisiones, ya sea H ₂ O o PQS. | \$ - | No habría aumento en la tarifa que paga la Universidad actualmente por la recarga de los extintores. |
| | Realizar los viajes aéreos por aerolíneas que hacen compensación de emisiones por pasajero. | Se reduce el 93,35% de las emisiones generadas por viajes aéreos de movilidad académica, siempre y cuando estos se realicen por aerolíneas que tengan programas de compensación de huella de carbono por consumo de combustible de la flota aérea. | | Aerolíneas como Avianca y Latam, realizan compensaciones por vuelos nacionales en el 2017. |
| | Mantener los vehículos que son propiedad de la universidad en buenas condiciones técnico – mecánicas (si estos tienen de uso 5 años o más). | Con las revisiones obligatorias y adicionales periódicas, se reducen las emisiones adicionales que se pueden generar por mal funcionamiento del auto. | \$ 187.000 | Este precio se asocia a la revisión 82riferí-mecánica obligatoria para cada vehículo |
| 2 | Apagar los computadores cuando no se estén utilizando. | Apagando los equipos en horas de no uso, se dejan de consumir 446400 kWh al año. | \$ - | Cálculo tendiendo en cuenta el consumo promedio de energía de un computador y el número estimado de equipos en las instalaciones. |
| | Instalar sensores de presencia en áreas donde no se requiera tener luz todo el tiempo (baños, zonas comunes) | Implementando la instalación de los sensores, se reduce el 40% del consumo de la energía y así mismo, se reduce el 40% de las emisiones de CO ₂ | \$ 749.000 | Teniendo en cuenta que la eficiencia energética de los sensores es del 40%. |
| | Aumentar las campañas de concientización para el ahorro y uso eficiente de la energía. | Se estima que la reducción del consumo de energía sea del 5%. | \$ 692.000 | Tomado del proyecto “FORMULACIÓN DEL PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA UNIVERSIDAD LIBRE- SEDE CANDELARIA” Auitores : Nataly Muñoz, Rafael De La Rosa. |
| | Innovación en reconversión energética y reconversión tecnológica de equipos (para sede Candelaria) | Se reduce el 55,8% del consumo de energía eléctrica. | \$ 80.797.794 | |

| | | | | |
|---|--|---|----------------|---|
| 3 | Incentivar el 'carpooling' o carro compartido entre la comunidad Unilibrista. | Se reduce un 8% la generación de emisiones de CO ₂ al mes. | \$ - | Según la iniciativa de la Fundación Chevrolet a través del proyecto Planes Empresariales de Movilidad Sostenible. |
| | Impulsar el uso de la bicicleta como medio de transporte alternativo. | 1,5 tCO ₂ por cada 5 km recorridos, se dejan de emitir usando la bicicleta. | | Cálculo estimado en el Informe de Movilidad en bicicleta en Bogotá, realizado por la Cámara de Comercio de Bogotá |
| | Implementar campañas de concientización de ahorro y uso eficiente del agua. | Una reducción del 5% del consumo de agua, puede representarse mediante la buena acogida de las campañas de concientización. | \$ - | Implementando estas campañas a toda la comunidad Unilibrista. |
| | Adquirir productos con tecnologías sanitarias ahorradoras. | Con la implementación de productos sanitarios ahorradores (sanitarios y 83riferías), se ahorran aproximadamente 11m ³ al mes, lo que significa el 54%. | \$ 25.412.000 | Teniendo en cuenta que algunos baños fueron cambiados recientemente. |
| | Implementar sistemas de remoción de carga orgánica en las aguas residuales. | Reducir el 40% de la carga orgánica de las aguas residuales, se reducen las emisiones 40%. | \$ 18.000.000 | Tanque desarrollado por NyF. https://www.nyfdecolombia.com/plantas/fichas-tecnicas/Ficha%20Tecnica%20PTAR%20BIOBALL%200.08%20LPS.pdf |
| | Enviar toda la cantidad de residuos de papel, cartón y sus derivados a centros de reciclaje. | Se reduce el 78% de las emisiones que se generan por la disposición de los residuos de papel que se envían actualmente a relleno sanitario. | \$ - | |
| | Compostar todos los residuos de tipo orgánico. | Se reduce el 13% de las emisiones que se generan por la disposición de los residuos orgánicos que se envían actualmente a relleno sanitario. | | El valor del contrato aumentaría. |
| | Impulsar las compras de productos con sello verde. | La compra de resmas de papel con SAC (sello ambiental colombiano), significa la reducción de las emisiones en su producción. | \$ - | Calcular con la cantidad de resmas de papel que se usan al año en la Universidad. |
| | Compensación por siembra de plantas nativas. | 100% | \$ 420.138.000 | Se calcula con http://www.banco2.com/empresas |

Tabla 18. Medidas de manejo propuestas para la Universidad Libre sede Principal.

9. BATERÍA DE INDICADORES PARA LAS MEDIDAS DE MANEJO PRIORIZADAS

Tras la priorización por nivel de viabilidad, se establecieron 5 medidas las cuales con su implementación, se mejora el desempeño ambiental de la Universidad Libre sede Principal. Así mismo, estas medidas van enfocadas a las actividades que más contribuyen en la generación de emisiones en cada alcance.

Con la batería de indicadores de gestión, se establece el seguimiento y verificación de la implementación de las medidas propuestas en este proyecto para evidenciar el cumplimiento.

Estos indicadores de gestión para medir el desempeño ambiental se desarrollaron tomando como referencia los lineamientos presentados en la norma ISO 14031:2013.

Para realizar el cálculo de los indicadores se debe hacer en el documento de Excel con llamado “Batería de indicadores”, el cual presenta la siguiente información:

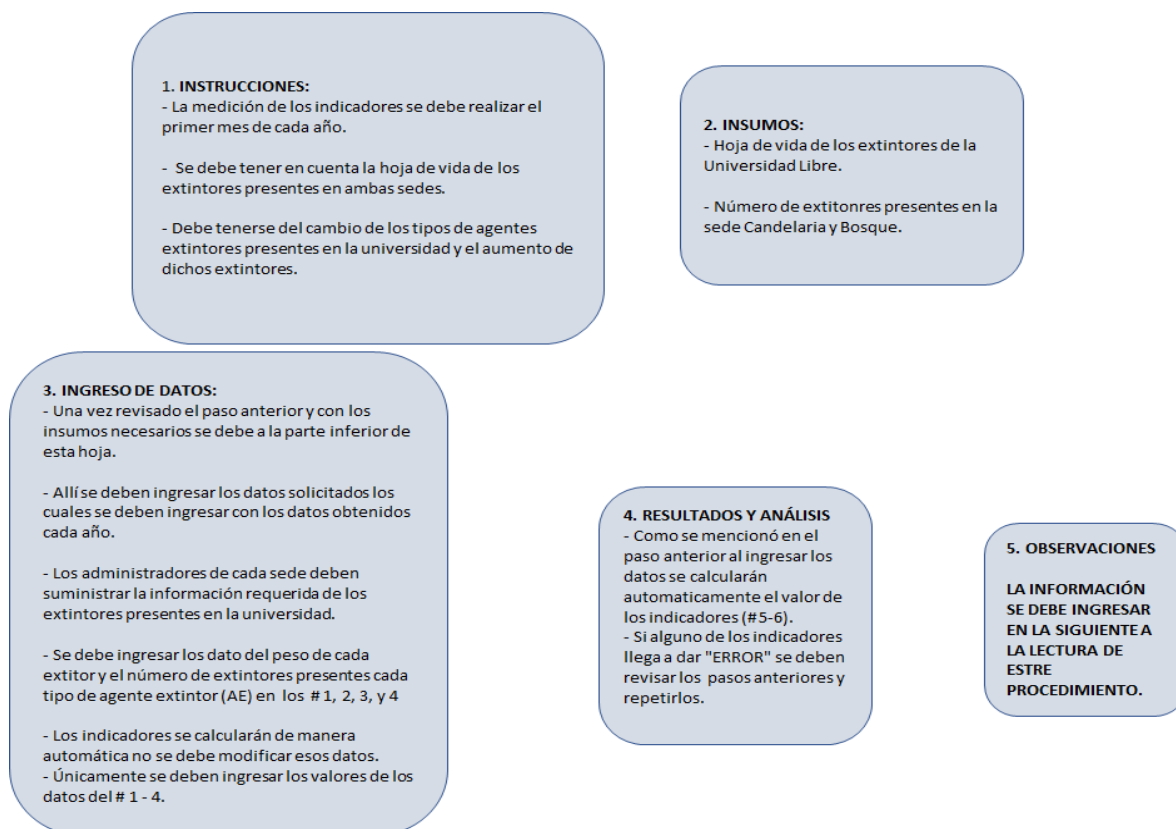


Ilustración 35. Procedimiento para cálculo de indicador para el cambio de extintores.

| Alcance 1 | | | | |
|---|---|-----------|---|-------------------------------|
| Cambio de extintores a agentes limpios. | | | | |
| Datos que ingresar | | | | |
| # | T. EXTINTOR | PESO (kg) | UNIDADES | TOTAL AGENTE EXTINTOR (kg) |
| 1 | PQS | | | |
| 2 | SOLKAFLAM | | | |
| 3 | CO2 | | | |
| 4 | H2O | | | |
| INDICADORES | | | | |
| 5 | Extintores con agente limpio | | | % |
| 6 | Extintores que generan emisiones de CO2eq | | | % |
| Explicación | | | | |
| Fórmula del indicador: | Extintores con agente limpio | | PQS + H2O/total de extintores | |
| | Extintores que generan emisiones | | Solkaflam + CO2/ total de extintores | |

Tabla 19. Indicadores para extintores.

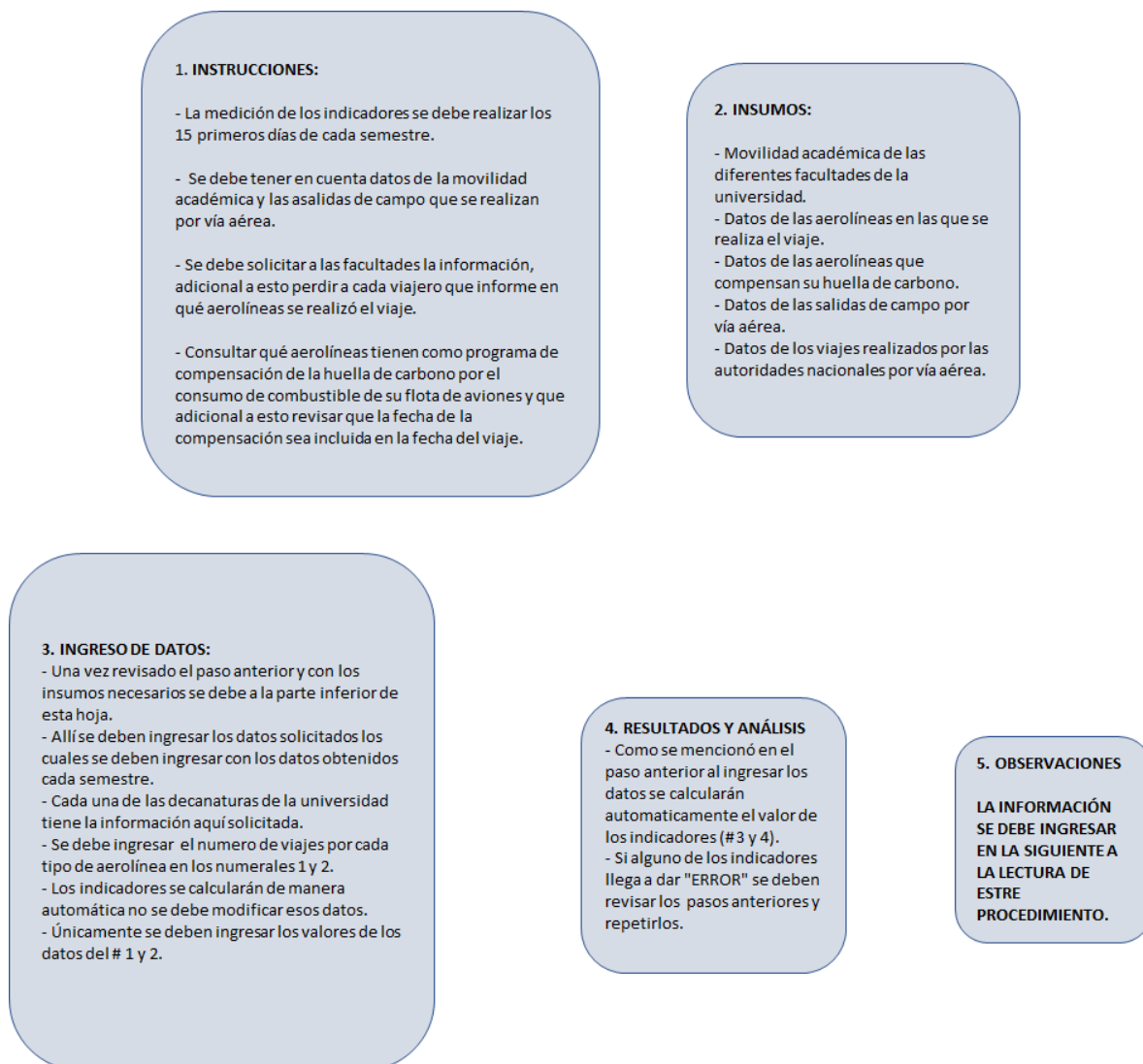


Ilustración 36. Procedimiento para el cálculo de indicadores de la compra de tiquetes aéreos.

| <i>Alcance 1</i> | | |
|---|-----------------------|----------------------|
| Realizar la compra de tiquetes aéreos en aerolíneas que tengan programa de compensación. | | |
| Datos a ingresar | | |
| # | TIPO DE AEROLÍNEAS | # TIQUETES COMPRADOS |
| 1 | Compensan | |
| 2 | No compensan | |
| INDICADORES | | |
| 3 | Viajes por compensar | % |
| 4 | Viajes ya compensados | % |

| Fórmula del indicador: | Viajes compensados | # de tiquetes aéreos compensados / total de tiquetes |
|------------------------|----------------------|---|
| | Viajes por compensar | # de tiquetes aéreos no compensados / total de tiquetes |

Tabla 20. Indicadores para viajes aéreos.

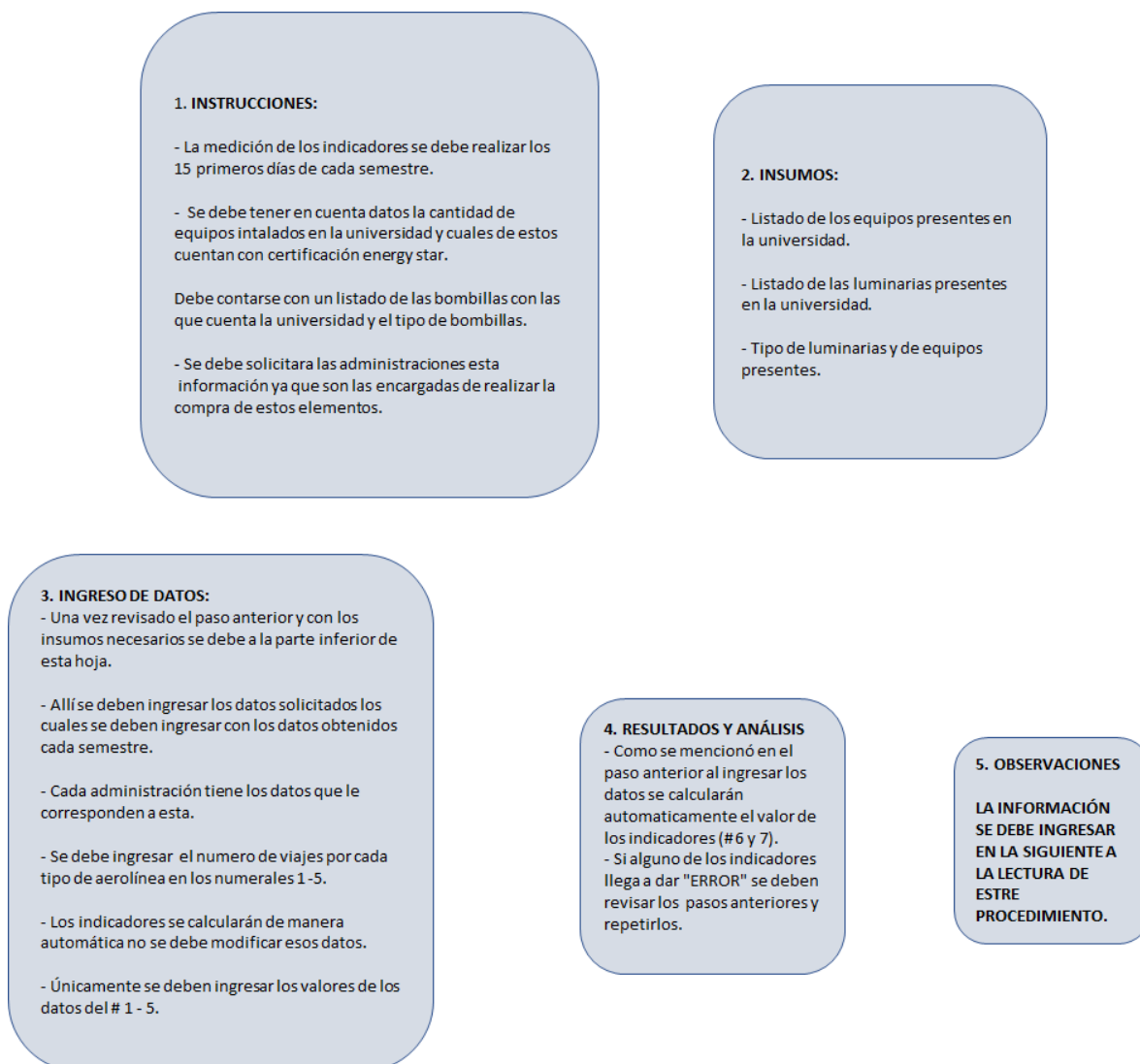


Ilustración 37. Procedimiento para el cálculo de indicadores para la reconversión energética y tecnológica de equipos.

| <i>Alcance 2</i> | | |
|---|---------------------------------------|---|
| Reconversión energética y reconversión tecnológica de equipos. | | |
| Ingreso de datos | | |
| # | Tipo | Unidades |
| 1 | Bombillos LED o ahorradores | |
| 2 | Luminarias de tubos | |
| 3 | Bombillos convencionales u otro tipo | |
| 4 | Equipos con certificación Energy Star | |
| 5 | Equipos convencionales | |
| INDICADORES | | |
| 6 | Bombillos ahorradores | % |
| 7 | Equipos ahorradores | % |
| Fórmula del indicador : | Eficiencia energética | # bombillos ahorradores / total de bombillos |
| | Equipos ahorradores | # equipos ahorradores / total de bombillos |

Tabla 21. Indicadores para la eficiencia energética.

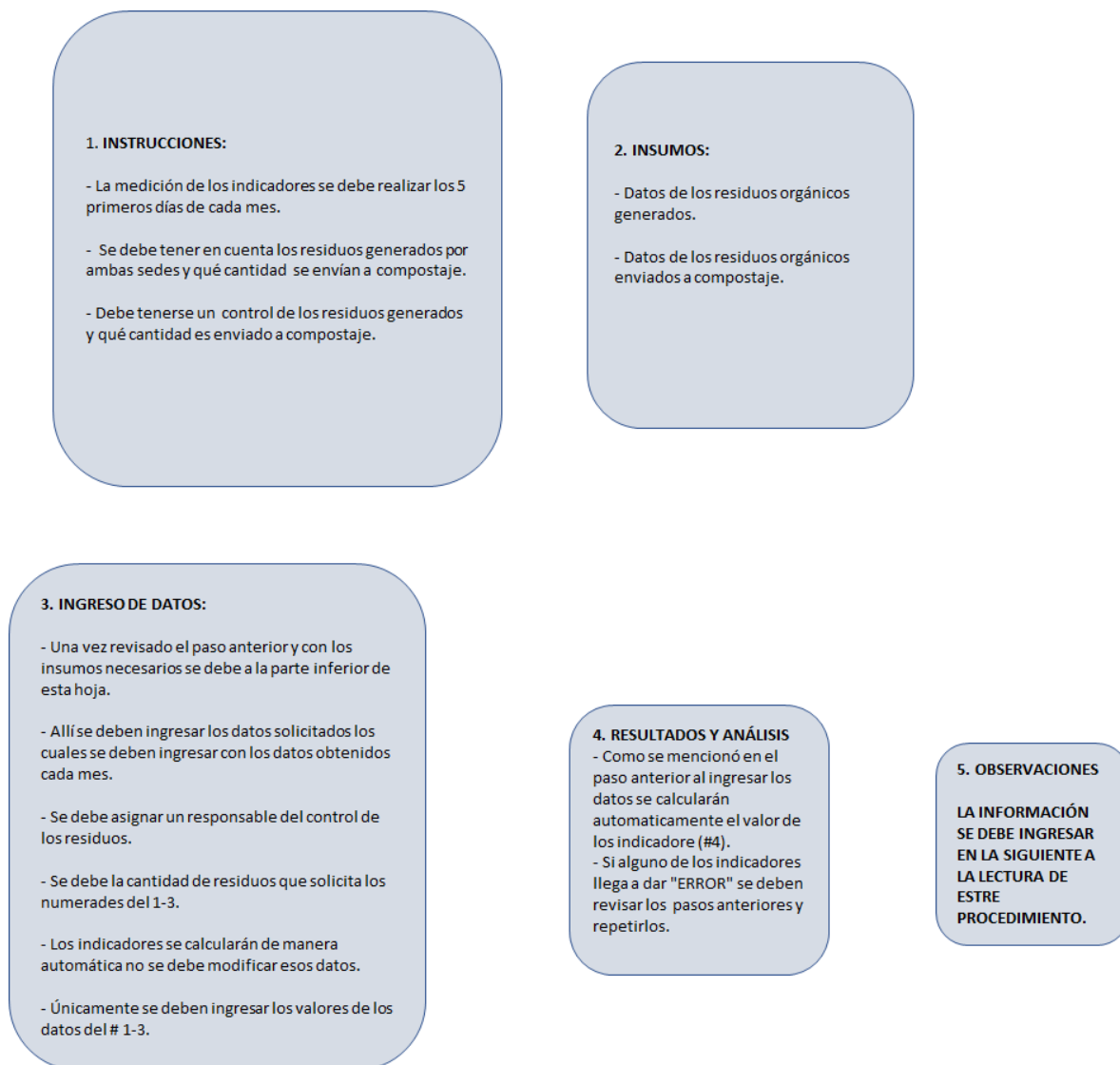


Ilustración 38. Procedimiento para el cálculo de indicadores de residuos orgánicos enviados a compostaje.

| <i>Alcance 3</i> | | |
|---|---|---|
| Residuos orgánicos enviados a compostaje | | |
| Ingreso de datos | | |
| # | CONCEPTO | CANTIDAD (kg) |
| 1 | Residuos orgánicos producidos | |
| 2 | Residuos orgánicos compostados | |
| 3 | Residuos orgánicos enviados a RS | |
| INDICADORES | | |
| 4 | Residuos aprovechados | #¡DIV/0! |
| Fórmula del indicador: | Residuos orgánicos enviados a compostar | Kg de residuos orgánicos compostados / kg de residuos orgánicos generados |

| Alcance 3 | | |
|------------------------|---|--|
| Residuos reciclables. | | |
| Ingreso de datos | | |
| # | TIPO DE RESIDUO | CANTIDAD (kg) |
| 1 | Papel | |
| 2 | Cartón | |
| 3 | Plegadiza | |
| 4 | Pets | |
| 5 | metales | |
| 6 | Enviados a Reciclaje | |
| 7 | Total Generados | |
| INDICADORES | | |
| 8 | Residuos reciclados de los potencialmente reciclables | #¡DIV/0! |
| 9 | Residuos enviados a Relleno Sanitario | #¡DIV/0! |
| 10 | Residuos potencialmente aprovechables | #¡DIV/0! |
| Fórmula del indicador: | Residuos de papel y sus derivados | Residuos de papel, cartón y plegadiza reciclados / residuos enviados a reciclar. |
| | Residuos enviados a relleno sanitario | Residuos generados / residuos enviados a reciclar. |
| | Residuos potencialmente aprovechables | Residuos reciclables / residuos enviados a reciclar. |

Tabla 22. Indicadores para compostaje de residuos orgánicos.

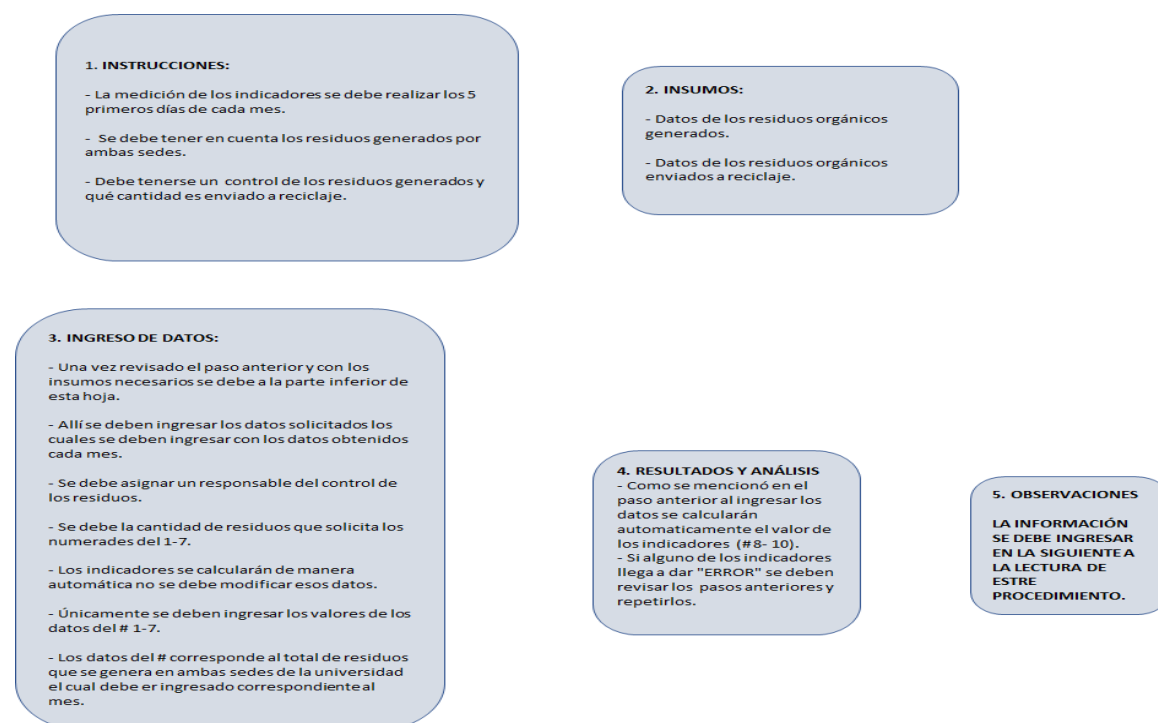


Ilustración 39. Procedimiento para el cálculo de indicadores de residuos orgánicos enviados a compostaje.

10.CONCLUSIONES

- Las emisiones totales de la Universidad Libre Sede Principal son 80, 27, 6 y 3 veces mayores que las de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Universidad Tecnológica De Pereira, y la Universidad de Córdoba España; respectivamente.
- Los aportes por cada estudiante matriculado en la Universidad Libre Sede Principal son 72 y 18 veces mayores que las de los estudiantes de la Universidad Sergio Arboleda y Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano; respectivamente.
- La sede Bosque Popular de la Universidad genera el 69,67% de las emisiones totales, esto se podría atribuir que en esta sede cuenta con una mayor extensión y representa el 71,61% de la población universitaria, además de los estudiantes del colegio.
- Si se implementaran programas de reciclaje de papel y sus derivados, con los cuales se hiciera el reaprovechamiento de este material, se reducirían las emisiones en un 73% del total de las emisiones, lo cual es más 3 veces la meta de reducción de emisiones de GEI propuesta por el país para la COP 21.
- Para alcanzar una reducción significativa de las emisiones la mayoría de las estrategias de gestión se encuentran enfocadas a un tiempo de desarrollo de corto plazo y cuya inversión no es significativa.
- De implementarse las estrategias de mitigación propuestas en el presente proyecto se alcanzaría a reducir cerca del 80% de las emisiones totales; por un valor de \$420'138.000 se podría compensar la huella de carbono de la Universidad.

11. RECOMENDACIONES Y RECOMENDACIONES ESPECIALES PARA EL MANTENIMIENTO DEL IGEI DE LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE PRINCIPAL

11.1 Recomendaciones

Para el mantenimiento y actualización del IGEI de la Universidad Libre sede Principal, se recomienda:

- Se recomienda nombrar responsables que estén a cargo de controlar la información que se debe solicitar para el nuevo cálculo de las emisiones.
- Se sugiere que a las personas encargadas de la realización de este cálculo le sea facilitada la información.
- Se recomienda que sean abiertos canales de comunicación para la obtención de los datos necesarios para la réplica del inventario.
- Se aconseja que la información necesaria para la replicación del cálculo de la huella de carbono sea transparente con el fin de reducir la incertidumbre.
- Al momento de realizar nuevas caracterizaciones de los residuos sólidos, ingresar en la base de datos los porcentajes correspondientes a residuos orgánicos y de papel y sus derivados.
- Para el consumo de GLP en la sede Candelaria, se recomienda que cada vez que se hagan las recargas, se envíe el registro escaneado al correo electrónico de los encargados de los cálculos.
- Para mejorar la calidad del IGEI de los próximos años, se recomienda hacer año a año la caracterización de los residuos sólidos.
- Para los residuos sólidos, es indispensable recalcular la densidad. Así mismo, para los residuos del compost, es necesario recalcular su densidad en ingresar en la celda correspondiente de la calculadora para sus respectivos años o realizar el pesaje de ellos.
- Se recomienda que se tenga registrado el consumo de papel de la Universidad o compra de las resmas de papel, adicional se recomienda que la universidad tenga ese dato disponible para que el equipo que realice el cálculo de las emisiones para los años posteriores puedan incluirlo en el alcance 1 puesto que para el año base no se pudo obtener dicho dato ya que no lo manejan con exactitud.
- Se recomienda que para la generación y disposición final de los residuos sólidos de la sede Candelaria se lleve un registro por parte de la administración de la cantidad, o solicitar un aforo a la empresa de aseo con

el fin de que no se cobre una tarifa genérica sino que se realice un cobro exacto de lo generado. Adicionalmente, se debe realizar una caracterización de los residuos y que sus datos sean ingresados a la base de datos de la calculadora.

- Se recomienda que el equipo encargado de la realización de la huella de carbono para los años posteriores a esta se mantenga actualizado de las publicaciones o actualizaciones de los factores de emisión dados por la UPME en su calculadora llamada “FECOC” y los GWP publicados por el IPCC.
- Para el mantenimiento de los equipos de aire acondicionado, se recomienda que en el registro, se establezca la cantidad de gas refrigerante recargado, en los que aplique.
- Este proceso puede ser aplicable para las demás sedes de la Universidad Libre.
- Para un mayor éxito del cálculo de la huella de carbono es de alta importancia el involucramiento de toda la comunidad Unilibrista en la participación y conocimiento de ella, esto con el fin de que sea más visible y entendible los procesos de concientización y adaptación.
- La divulgación de los resultados obtenidos en el IGEI hace parte de la concientización que se debe realizar en toda la Universidad Libre sede Principal, ya que mejora los procesos de implementación de las medidas de manejo y así disminuir a gran escala las diferentes emisiones.

11.2 Recomendaciones especiales

- Para los registros de los consumos tanto de agua como de energía de ambas sedes, es necesario crear una carpeta compartida para que se vayan organizando los escáneres de dichos registros, sin que los encargados deban desplazarse mes a mes para realizar la solicitud de las facturas.
- Para el cálculo del consumo de combustible de las rutas del colegio, se debe realizar nuevamente la encuesta a los conductores.
- Para el cálculo de las emisiones generadas a partir de la movilidad de los estudiantes, docentes y administrativos a la Universidad, se debe realizar nuevamente dicha encuesta, esta debe realizarse tanto virtual (correo institucional) como presencial.
- Es importante crear un procedimiento para el vaciado de los extintores para que se establezca el lugar del vaciado, debido a que para el año base se asumió que este se realiza en las instalaciones de la Universidad.

- Se debe proporcionar la información de la cantidad de vehículos que son de propiedad de la universidad los cuales están asignados a las directivas; así mismo, que se lleve un registro o control de la cantidad de combustible consumido por estos vehículos y el dato sea registrado en la calculadora para el alcance 1, puesto que para el año base dicha información no pudo ser tenido en cuenta.

12. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- PNUMA. (2016). *UN Environment*. Obtenido de About Climate Change: <https://www.unenvironment.org/explore-topics/climate-change/about-climate-change>
- Observatorio Ambiental de Bogotá. (2016). *Cambio Climático*. Obtenido de <http://oab2.ambientebogota.gov.co/es/pcambio-climatico/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Obtenido de Impacto del Cambio Climático: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico/que-es-cambio-climatico/impacto-del-cambio-climatico>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Obtenido de Impacto del Cambio Climático en Colombia: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico/que-es-cambio-climatico/impacto-del-cambio-climatico-en-colombia>
- Fundación Natura. (2014). *Guía para elaborar Inventarios Corporativos de Gases Efecto Invernadero*. Bogotá D.C.
- Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Tomo 2. (s.f.). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND%202014-2018%20Tomo%202%20internet.pdf>
- Redacción El Tiempo. (04 de febrero de 2016). Las 13 universidades verdes de Colombia. *El Tiempo*.
- El Espectador. (13 de diciembre de 2017). Universidad Caleña está entre las más sostenibles del mundo, según Greenmetric. *El Espectador*.
- UNFCCC. (2017). *Introducción a la COP 23*. Obtenido de <https://cop23.unfccc.int/es/introduccion-a-la-cop23>
- Fundación Natura. (2014). *Guía para elaborar Inventarios Corporativos de Gases Efecto Invernadero*. Bogotá D.C.
- Ecopetrol. (2014). *Ecopetrol*. Obtenido de Gestión Ambiental Proactiva: <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/medio-ambiente/gestion-ambiental-proactiva/cambio-climatico>
- Banco Corpbanca S. A. (2015). *Reporte de Huella de Carbono Corporativa de Sedes Centrales Banco CorpBanca S.A.*
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2011). *Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia*. Bogotá D.C.
- Jimenez, P. L., & Alemany, V. E. (2000). Dispersión de contaminantes en la atmósfera. Universidad Politécnica de Valencia.
- UNFCCC. (2014). *United Nations Climate Change*. Obtenido de Protocolo de Kyoto: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php

- The Climate Reality Project . (2017). *The Climate Reality Project*. Obtenido de Key Terms You Need To Know To Understand Climate Change: <https://www.climate realityproject.org/>
- WWF. (2016). *Clima y energía: Cambio climático y energías renovables*. Obtenido de ¿qué es el cambio climático?: http://www.wwf.org.co/que_hacemos/wwf_al_clima/#Ancla1
- N. D. (1998). Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. En N. D., *Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire*. McGraw-Hill.
- Cruz, Y. P., & Martinez, P. C. (2012). Cambio Climático: Bases Científicas y Escepticismo. 12.
- UNEP. (2016). *The Emissions Gap Report* .
- Bishop L, P. (2000). Pollution Prevention: Fundamentals and Practice. En *Pollution Prevention: Fundamentals and Practice*. McGraw-Hill.
- Granero Castro, J., & Ferrando Sanchez, M. (s.f.). *Cómo implantar un sistema de gestión ambiental según la norma ISO 14001*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Vega Mora, L. (2001). Gestión Ambiental Sistemática. SIGMA Ltda. Ingeniería y Gestión Ambiental.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2016). *Inventario nacional y departamental de Gases Efecto Invernadero - Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá D.C: Punto Aparte. Bookvertising.
- GREENHOUSE GAS PROTOCOL. (2018). *Greenhouse Gas Protocol*. Obtenido de About Us: <http://www.ghgprotocol.org/about-us>
- ISO. (2016). *International Organization for Standardization*. Obtenido de ISO 14064 - 1: 2006: <https://www.iso.org/standard/38381.html>
- INCOMBUSTIÓN. (2016). *Consultoría técnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de factores de emisión de los combustibles colombianos - FECOC*. Medellín.
- CeroCO2. (febrero de 2018). *Quiénes somos*. Obtenido de CeroCO2 te ayudamos a actuar frente al Cambio Climático: <http://www.ceroco2.org/quienes-somos>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Mitigación: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/mitigacion/mitigacion#documentos>
- La República. (2014). *La República*. Obtenido de Comparta su carro o vehículo y disminuya las emisiones de CO2: <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/comparta-su-carro-o-vehiculo-y-disminuya-las-emisiones-de-co2-2172711>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2009). *Movilidad en bicicleta en Bogotá*. Bogotá.
- La República. (21 de Septiembre de 2014). Comparta su carro o vehículo y disminuya las emisiones de CO2. *La República*.
- Aguirre, M. H., & Mozombite, S. H. (2017). *Sistema de Gestión Ambiental Académico - Administrativo. Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos*. Bogotá D.C.

- IPCC. (2006). Capítulo 3. Eliminación de desechos sólidos. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.
- Morales, N. M., & Camacho, R. D. (2015). *Formulación del programa de producción más limpia en la Universidad Libre - Sede Candelaria*. Bogotá D.C.
- A. S., K. B., S. O., K. R., & J. B. (2001). *Waste Management Options and Climate Change: Final Report*.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva.
- Perez, r. (2017). *GHGP Disneylandia*. Lima: La Oveja Negra.
- DNP - BID. (2014). *Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia - Síntesis*. Bogotá D.C.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Cambio Climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.
- World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute. (2001). *Protocolo de Gases Efecto Invernadero*.
- Margarita Caballero, S. L. (2007). Efecto Invernadero, Calentamiento Global y Cambio Climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria*, 11.
- IPCC. (2014). *Annex II: Glossary. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland.
- M. R., E. O., & A. G. (2011). *Origen y control de los contaminantes*.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2013). *Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero de Bogotá D.C. Línea Base Metodología IPCC 2006*. Bogotá D.C.
- Aleman, V. E. (2004). *Dispersión de contaminantes a la atmósfera*. Alfaomega.
- Quesada, J. L. (2009). *Cálculo de la huella ecológica y huella de carbono corporativa*. AENOR-Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Tevni, G. (2000). *Tipos de investigación. Artículo en línea disponible en: tgrajales.net/investipos.pdf*.
- FECOC. (2016). *Consultoría técnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de factores de emisión de los combustibles colombianos*.
- ISAGEN. (2018). *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero -2017*.
- ICAO. (2016). *ICAO Environment*. Obtenido de Carbon Emission Calculator: <https://www.icao.int/environmental-protection/CarbonOffset/Pages/default.aspx>